

**Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla*
Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan
Kajian Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl**

SKRIPSI

Oleh:
RESTI DWI YUNIARTI
115090200111003



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla*
Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan
Kajian Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh:
RESTI DWI YUNIARTI
115090200111003



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla* Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan Kajian Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl

Oleh:
RESTI DWI YUNIARTI
115090200111003

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Danar Purwonugroho, M.Si
NIP. 196006101992031002

Darjito, S.Si., M.Si
NIP. 197007081995031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Edi Priyo Utomo, MS
NIP. 195712271986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Resti Dwi Yuniarti

NIM : 115090200111003

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla*
Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan Kajian
Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,

Yang menyatakan,

Resti Dwi Yuniarti

NIM. 115090200111003

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla* Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan Kajian Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang adsorpsi seng(II) oleh biomassa *Azolla microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kapasitas adsorpsi biomassa *A. microphylla* yang teramobilisasi pada Ca-alginat, dan mempelajari pengaruh konsentrasi larutan HCl terhadap desorpsi seng(II). Adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan adsorben ukuran 60-100 mesh. Percobaan adsorpsi dilakukan pada variasi konsentrasi larutan seng(II): 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 ppm. Kajian desorpsi seng(II) dilakukan menggunakan larutan HCl 0,2 M; 0,4 M; 0,6 M; 0,8 M; dan 1 M. Penentuan konsentrasi seng(II) setelah adsorpsi dan desorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan persamaan adsorpsi isoteris Langmuir diperoleh informasi harga Q_{\max} (kapasitas adsorpsi) biomassa *A. microphylla* yang teramobilisasi pada Ca-alginat adalah sebesar 22,675 mg/g. Konsentrasi larutan HCl berpengaruh terhadap desorpsi seng(II) yang terikat oleh adsorben. Kondisi optimum desorpsi terjadi pada penggunaan larutan HCl 0,6 M dengan persentase desorpsi sebesar 68,48 %.

Kata kunci: adsorpsi, desorpsi, seng(II), *Azolla microphylla*, alginat

Determination of Adsorption Capacity of *Azolla microphylla* Biomass Immobilized in Ca-Alginate Toward Zinc(II) and Study of its Desorption Using HCl solution

ABSTRACT

A research on the adsorption of zinc(II) by *Azolla microphylla* biomass immobilized in Ca-alginate was done. The purpose of this study were to determine the adsorption capacity of *A. microphylla* biomass immobilized in Ca-alginate to zinc(II) and study the effect of the concentration of HCl solution on the desorption of zinc(II). Adsorption was done in a batch system using adsorbent of 60-100 mesh. Adsorption experiments were conduct at various zinc(II) concentration of 50, 75, 100, 125, 150, and 175 ppm. Study of zinc(II) desorption were carried out using HCl solution of 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1 M. The determination of the concentration of zinc(II) after adsorption and desorption was performed using atomic absorption spectrophotometer. The results showed that according to Langmuir isotherm adsorption equation it was found that the Q_{\max} value (adsorption capacity) of *A. microphylla* biomass immobilized in Ca-alginate was 22,675 mg/g. The concentration of HCl solution influenced the desorption of zinc(II) bound by the adsorbent. The optimum condition of desorption occurred in the use of 0.6 M HCl solution with desorption percentage of 68,48 %.

Keyword : adsorption, desorption, zinc(II), *Azolla microphylla*, alginate

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biomassa *Azolla microphylla* Diamobilisasi pada Ca-Alginat Terhadap Seng(II) dan Kajian Desorpsinya Menggunakan Larutan HCl”**.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Drs. Danar Purwonugroho, M.Si selaku dosen pembimbing I atas ilmu, bimbingan, dukungan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Darjito, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II atas ilmu, bimbingan, dukungan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
3. Drs. M. Misbah Khunur. M.Si selaku dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan saran-saran dan bimbingan kepada penulis selama menempuh studi di Jurusan Kimia Universitas Brawijaya.
4. Dr. Edi Priyo Utomo, MS. selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya, staf pengajar, dan semua karyawan Jurusan Kimia atas semua bantuan yang diberikan.
5. Dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang diberikan kepada penulis untuk perbaikan naskah tugas akhir.
6. Kedua orang tua (Bapak Wasit Irianto dan Ibu Punarti) dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Sahabat tercinta “Anak Kompleks” (Prima, Endah, Lina, Erlynda, Sofi, Victoria, dan Nadia) serta teman seperjuangan Yeni Restu Novarida, M. Azhar Hamdani, dan Ryfky Lailur H. yang telah memberikan semangat, waktu dan dukungan untuk berjuang bersama.

8. Sahabat tersayang “FAREV“ (Fahriannoor, Assayid, Erin, dan Vallen) dan Dimas Adetia Rikianto, S. Pi yang telah memberikan semangat, waktu, dukungan, dan membantu dalam mengerjakan naskah skripsi ini.
9. Semua rekan–rekan di laboratorium Anorganik (Efrida, Sari, Afif, Rendy, Silvy, Holy, Mas Arya, Ganisa, Ryan, Basith, dan Lisa) serta teman-teman Jurusan Kimia terutama angkatan 2011 dan adek-adekku di Kimia (Anindia, Kharisul Ihsan, Maf’ud Cahayo, Dian Nur, Fitriana) yang selama ini memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah tugas akhir ini.

Demikian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini dari pembaca. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan memberi ilmu dan pengetahuan bagi pembaca.

Malang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Seng	5
2.2 <i>Azolla microphylla</i>	6
2.3 Na-alginat	8
2.4 Amobilisasi Biomassa <i>Azolla microphylla</i>	9
2.5 Biosorpsi	9
2.6 Adsorpsi seng(II) oleh Biomassa	10
2.7 Desorpsi	11
2.8 Pengaruh Konsentrasi Seng(II) terhadap Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa	11
2.9 Adsorpsi dan Desorpsi Seng(II) Menggunakan Metode <i>Batch</i>	12
2.10 Analisis Logam Seng(II) Menggunakan SSA	12
2.11 Persamaan adsorpsi Isotermis	13
2.12 Adsorpsi Isotermis Freundlich	14
2.13 Adsorpsi Isotermis Langmuir	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Bahan Penelitian	17
3.3 Alat Penelitian	17

3.4	Tahapan Penelitian	17
3.5	Prosedur Penelitian	18
3.5.1	Preparasi adsorben biomassa <i>A. microphylla</i>	18
3.5.2	Amobilisasi biomassa <i>A. microphylla</i>	18
3.5.3	Penentuan kapasitas adsorpsi seng(II) oleh biomassa <i>A. Microphylla</i> -alginat	18
3.5.4	Desorpsi seng(II) oleh biomassa <i>A. microphylla</i> -alginat	19
3.6	Analisis Data	19
3.6.1	Penentuan Konsentrasi Seng(II) setelah adsorpsi	19
3.6.2	Penentuan Persentase Desorpsi	21
3.6.3	Uji Statistika	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Amobilisasi biomassa pada Na-alginat	24
4.2	Karakterisasi Biomassa <i>A.microphylla</i>	25
4.2.1	FT-IR	25
4.3	Adsorpsi Seng(II) menggunakan biomassa <i>A. microphylla</i> -alginat	26
4.4	Desorpsi Seng(II) menggunakan biomassa <i>A. Microphylla</i> -alginat	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA		34
LAMPIRAN		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: <i>A. microphylla</i>	7
Gambar 2.2	: Struktur Rantai Alginat	8
Gambar 4.1	: Kemungkinan ikatan ion kalsium pada rantai alginat	24
Gambar 4.2	: Spektra FTIR biomassa <i>A. microphylla</i> amobilisasi(garis hitam), biomassa non amobilisasi (garis biru) dan alginat (garis merah)	25
Gambar 4.3	: Kurva hubungan antara konsentrasi seng(II) yang digunakan (ppm) dengan jumlah seng(II) teradsorpsi (mg/g)	27
Gambar 4.4	: Reaksi pengikatan seng(II) oleh biomassa	27
Gambar 4.5	: Kurva adsorpsi isoterms Langmuir	29
Gambar 4.6	: Kurva adsorpsi isoterms Freundlich	30
Gambar 4.7	: Pengaruh konsentrasi HCl terhadap desorpsi seng(II) pada biomassa <i>A. microphylla</i> -alginat	32
Gambar 4.8	: Reaksi pelepasan logam seng(II) dari biomassa	32
Gambar D.1	: Kurva baku larutan standar seng(II)	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Kandungan <i>A. microphylla</i>	7
Tabel 2.2	: Panjang gelombang logam Seng	13
Tabel 2.3	: Perbedaan dari setiap konsep persamaan isoterms adsorpsi	14
Tabel 3.1	: Uji statistik adsorpsi seng(II) oleh adsorben	21
Tabel 3.2	: Tabel analisis sidik ragam satu arah	22
Tabel A.1	: Pembuatan larutan baku seng(II) 1; 2; 5; dan 10 mg/L	40
Tabel A.2	: Pembuatan larutan seng(II) 100 mg/L pH 6	40
Tabel D.1	: Data konsentrasi dan absorbansi seng(II)	48
Tabel E.1	: Data pengukuran pengaruh variasi konsentrasi seng(II)	49
Tabel F.1	: Data pengukuran pengaruh konsentrasi HCl	51
Tabel G.1	: Data pengaruh variasi konsentrasi seng(II)	53
Tabel G.2	: Analisa sidik ragam satu arah (ANOVA) penentuan Konsentrasi seng(II)	54
Tabel G.3	: Selisih rata-rata antar perlakuan konsentrasi seng(II)	55
Tabel H.1	: Data pengaruh konsentrasi HCl	56
Tabel H.2	: Analisa sidik ragam satu arah (ANOVA) penentuan konsentrasi HCl	57
Tabel H.3	: Selisih rata-rata antar perlakuan konsentrasi HCl	58
Tabel I.1	: Data pengukuran adsorpsi isoterms Langmuir biomassa amobilisasi	59
Tabel I.2	: Data adsorpsi isoterms Langmuir biomassa amobilisasi	59
Tabel I.3	: Data pengukuran adsorpsi isoterms Freundlich biomassa amobilisasi	60
Tabel I.4	: Data adsorpsi isoterms Freundlich biomassa amobilisasi	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Preparasi Larutan	39
Lampiran B : Diagram Alir Penelitian	43
Lampiran C : Skema Kerja	44
Lampiran D : Kurva Baku Seng(II)	48
Lampiran E : Data Pengukuran kapasitas adsorpsi seng(II) terhadap variasi konsentrasi Seng(II)	49
Lampiran F : Data Pengukuran Desorpsi Seng(II) terhadap Variasi Konsentrasi HCl	51
Lampiran G : Uji Statistik Pengaruh Variasi Konsentrasi Seng(II) pada Kapasitas Adsorpsi	53
Lampiran H : Uji Statistik Pengaruh Konsentrasi HCl pada Desorpsi Seng(II)	56
Lampiran I : Adsorpsi Isotermis pada Biomassa Amobilisasi	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, terkadang mengakibatkan dampak terhadap lingkungan sekitar. Dampak tersebut dapat berupa dampak positif maupun dampak negatif. Salah satu contoh dampak negatif yaitu turunnya kualitas air akibat pencemaran yang dihasilkan oleh manusia, baik limbah rumah tangga, industri, atau pertanian. Salah satu faktor pencemar yang berbahaya adalah logam berat [1]. Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari 5 g/cm^3 . Logam berat memiliki sifat toksisitas yang dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur mercury (Hg), cadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn), bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co), dan yang bersifat toksik rendah terdiri atas unsur mangan (Mn) dan besi (Fe) [2].

Kontaminasi logam berat terutama Zn di lingkungan merupakan masalah besar pada saat ini. Seng (Zn) mempunyai dampak negative bagi kesehatan terutama jika kadarnya sudah melebihi batas kadar yang dibutuhkan oleh tubuh. Seng(II) dalam tubuh tidak terbiodegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam organ-organ manusia. Keracunan seng akan mengakibatkan demam, batuk, muntah-muntah dan sakit kepala. Logam Zn memiliki persoalan yang spesifik di lingkungan, terutama karena akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, serta dapat menyebabkan keracunan pada tanah, udara, dan air meningkat. Suatu organisme akan kronis apabila produk yang dikonsumsi mengandung logam berat tersebut [3,4]. Namun, unsur Zn juga dibutuhkan dalam kadar yang rendah untuk tumbuhan, yang berfungsi sebagai penyusun pati dan activator enzim [5].

Selama ini berbagai penelitian telah banyak dilakukan guna mengurangi atau bahkan menghilangkan logam berat berbahaya dari limbah sebelum dibuang ke perairan. Proses penghilangan logam berat dari limbah cair sudah dilakukan dengan beberapa cara seperti,

pengendapan (precipitation) menggunakan bahan kimia, ekstraksi menggunakan pelarut tertentu, pertukaran ion, osmosis balik (reverse osmosis) dan adsorpsi [6]. Selain itu, telah banyak pula dikembangkan metode untuk mengurangi jumlah logam berat di lingkungan, terutama di limbah industri. Biosorpsi merupakan salah satu metode yang mulai dikembangkan saat ini. Metode biosorpsi merupakan suatu metode yang menggunakan biomassa sel hidup atau sel mati untuk menyerap logam. Proses penyerapan logam oleh biomassa merupakan gabungan berbagai proses akumulasi pasif, antara lain proses adsorpsi kimia dan fisika, pertukaran ion, interaksi koordinasi, kompleksasi, kelatisasi, dan mikropresipitasi [7].

Biomassa merupakan bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui dan dari makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan. Biomassa dapat mengadsorpsi ion logam disebabkan adanya kandungan protein dan selulosanya. Gugus yang berperan dalam protein adalah asam amino dan dalam selulosa adalah hidroksil. Kedua gugus tersebut dapat berperan sebagai penukar ion dan sebagai adsorben terhadap logam berat dalam air limbah [8].

Kemampuan biomassa dalam menyerap ion-ion logam sangat dibatasi oleh beberapa kelemahan diantaranya ukuran yang kecil, berat jenis yang rendah, dan mudah rusak karena degradasi oleh mikroorganisme lain. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah amobilisasi. Amobilisasi adalah suatu proses penyisipan suatu spesies kimia ke dalam suatu struktur sehingga bahan yang teramobilisasi tidak dapat bergerak dari struktur [9]. Pada penelitian ini biomassa *A. microphylla* diamobilisasi menggunakan Ca-alginat agar diperoleh biomassa dengan ukuran yang lebih besar dan sifat yang lebih stabil, sehingga dapat terjadi peningkatan ukuran biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk sistem kolom dengan ukuran partikel yang lebih besar.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada ion logam diantaranya dipengaruhi oleh pH, waktu kontak, sifat adsorbat, sifat adsorben, dan konsentrasi adsorbat. Hasil penelitian Novarida [10] menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi seng(II) oleh biomassa yang diamobilisasi pada Ca-alginat terjadi pada pH 6 dan waktu kontak 10 menit. Penelitian ini mengkaji pengaruh konsentrasi adsorbat untuk menentukan kapasitas adsorpsi biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat terhadap seng(II).

Selain itu, penelitian ini juga mempelajari pengaruh konsentrasi larutan HCl terhadap persentase desorpsi seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Berapakah kapasitas adsorpsi biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat terhadap seng(II)?
2. Berapakah konsentrasi larutan HCl optimum pada desorpsi seng(II) yang terikat oleh biomassa yang diamobilisasi pada Ca-alginat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Biomassa *A. Microphylla* yang digunakan diperoleh dari Unit Produksi Pusat Pengembangan Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Malang.
2. Proses adsorpsi seng(II) dilakukan menggunakan system *batch* pada temperatur 25 ± 2 °C.
3. Analisis kuantitatif seng(II) dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).
4. Biomassa *A. microphylla* yang digunakan untuk penelitian dalam bentuk kering dengan ukuran 120-150 mesh.
5. Biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada matriks Na-Alginat adalah 60-100 mesh.
6. Pengeringan biomassa yang telah terimobilisasi dilakukan dalam oven dengan temperature 100-120°C.
7. Kapasitas adsorpsi biomassa *A. microphylla* terhadap seng(II) ditentukan dengan persamaan adsorpsi isotermis Langmuir.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan diatas, maka penelitian ini bertujuan:

1. Menentukan kapasitas adsorpsi biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat terhadap seng(II) pada pH dan waktu kontak optimum.

2. Menentukan konsentrasi larutan HCl optimum pada desorpsi seng(II) yang terikat oleh biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh adsorpsi biomassa *A. microphylla* teramobilisasi dengan Ca-Alginat dan dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh konsentrasi larutan ion logam seng terhadap kemampuan adsorpsi dan desorpsi biomassa *A. microphylla*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Zn (Seng)

Seng (zinc) adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30 dan berat molekul 65,37 g/mol. Seng adalah unsur dari aktivitas manusia yang berasal dari limbah industri [11]. Seng adalah logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih-kebiruan, pudar bila terkena uap udara, dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Zn dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Seng (Zn) dialam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Zn banyak mengandung mineral di alam bebas antara lain kalaminit, franklinite, smithsonite, willemite, dan zinkit [3].

Seng merupakan salah satu logam berat esensial yang menjadi bahan pencemar dalam sistem perairan. Seng(II) dalam tubuh tidak terbiodegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam organ-organ manusia. Keracunan seng akan mengakibatkan demam, batuk, muntah-muntah dan sakit kepala [4]. Kadar Zn di kerak bumi sebesar 70 mg/kg berat kering. Zn merupakan elemen penting untuk hewan, namun pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan kerusakan struktur tubuh yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serta kelangsungan hidup hewan. Zn bukan senyawa toksik, tetapi dalam keadaan sebagai ion dan dosis tinggi dapat berbahaya [12].

Seng lebih banyak terakumulasi dalam tulang dibanding dalam hati yang merupakan organ utama penyimpan mineral mikro. Jumlah terbanyak terdapat dalam jaringan epidermal (kulit, rambut, dan bulu), dan sedikit dalam tulang, otot, darah, dan enzim. Seng merupakan komponen penting dalam enzim, seperti karbonik-anhidrase dalam sel darah merah serta karboksi peptidase dan dehidrogenase dalam hati. Sebagai kofaktor, seng dapat meningkatkan aktivitas enzim. Seng dalam protein nabati kurang tersedia dan lebih sulit digunakan tubuh daripada seng dalam protein hewani. Hal tersebut mungkin disebabkan adanya asam fitrat yang mampu mengikat ion-ion logam [13].

2.2 *Azolla Microphylla*

Azolla merupakan sejenis tumbuhan paku-pakuan yang hidup di perairan. Penyebarannya baik di daerah beriklim tropis maupun sedang. Ada beberapa jenis *Azolla*, antara lain *A. pinnata*, *A. microphylla*, *A. filiculoides*, dan *A. caroliniana*. *A. microphylla* awalnya menyebar di Amerika Serikat, Amerika Tengah, dan India Barat. Dibanding spesies yang lain, *A. microphylla* lebih toleran terhadap temperature agak tinggi sehingga sangat baik bila dibudidayakan pada kondisi iklim tropis seperti di Indonesia. Selain itu, spesies ini dapat menghasilkan biomassa dalam jumlah banyak dengan kemampuan memfiksasi N_2 dari udara yang tinggi [14].

Ciri-ciri *A. microphylla*, yaitu mempunyai daun yang tebal, warna daun hijau muda dengan tepi hijau agak pucat, pertumbuhan daun tumpang tindih dan membentuk gugusan dengan ketebalan 4-3 cm, serta mempunyai jumlah spora yang banyak. Komposisi kimia *Azolla* beragam tergantung beberapa faktor seperti jenis *Azolla*, pengaruh lingkungan dan pengelolaan di lapangan. *A. microphylla* mengandung 4,5 % N; 0,77 % P; 2,07% Ca; 4,93 % K; 0,49 % Na; 0,17 % Mg; 0,27 % Mn; 0,25 % Fe [14].

Azolla merupakan tumbuhan paku air kecil berdiameter 1-2 cm yang halus dan mengapung di atas permukaan air secara individu/berkelompok. *Azolla* secara garis besar dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu akar, rhizome dan daun. Akar *azolla* terdiri dari sebuah/seberkas akar-akar kecil yang sederhana keluar dari ketiak daun menggantung lurus ke bawah dan berfungsi dalam pengambilan air dan mineral-mineral nutrisi. Rhizome merupakan generasi sporofit *azolla*, sedangkan daun *azolla* terdiri dari 2 lobi, yaitu lobus dorsal yang tebal, berongga, berpapila, mengandung klorofil untuk fotosintesis dan lobus ventral yang tipis/transparan, tidak mengandung klorofil, berfungsi memberi daya topang pada tanaman serta berperan dalam proses adsorpsi. Daun tersusun 2 baris, imbricata berbentuk oval halus dan bermembran. Tubuh *azolla* terlihat triangular/poligonal dan mempunyai warna yang bervariasi dari hijau tua hingga kemerah-merahan tergantung spesiesnya. Bentuk tanaman *A. microphylla* seperti terlihat pada Gambar 2.1 [14].



Gambar 2.1 *A. microphylla*

Klasifikasi tanaman *A. microphylla* adalah sebagai berikut [15]:

Taksonomi

Divisio : *Pteridophyta*

Classes : *Filicopsida*

Ordo : *Salviniales*

Familia : *Azollaceae*

Genus : *Azolla*

Spesies : *Azolla microphylla* Kaulf

Komposisi kandungan *A. microphylla* dalam 100 mg berat kering dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 [16].

Kandungan	% Berat Kering	Kandungan	% Berat Kering
Protein kasar	23,7	Mangan	0,27
Ekstrak eter	2,93	Magnesium	0,17
Serat kasar	15	Natrium	0,49
Abu	28,7	Kalium	4,93
Karbohidrat kasar	31,1	Seng (ppm)	17,6
Kalsium	2,07	Seng (ppm)	71,8

Fosfor total	0,77	Nitrogen	0,99
Besi	0,25	non protein	
Kandungan	% Berat Kering	Kandungan	% Berat Kering
Protein kasar	23,7	Mangan	0,27
Ekstrak eter	2,93	Magnesium	0,17
Serat kasar	15	Natrium	0,49
Abu	28,7	Kalium	4,93
Karbohidrat kasar	31,1	Seng (ppm)	17,6
Kalsium	2,07	Seng (ppm)	71,8
Fosfor total	0,77	Nitrogen	0,99
Besi	0,25	non protein	

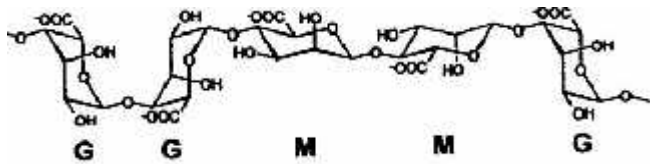
Tabel 2.1 Kandungan *A. microphylla*

2.3 Na-alginate

Alginat sebenarnya adalah garam dari asam alginat. Asam alginat merupakan unit-unit atau molekul-molekul yang terdiri dari 80 unit cincin monomer dan membentuk rantai, oleh karena itu alginat merupakan molekul linier dengan berat molekul tinggi sehingga mudah diserap air dan dapat digunakan sebagai bahan pengental. Kandungan alginat dalam rumput laut tergantung pada jenis rumput lautnya. Kegunaan alginat adalah sebagai bahan pengental, emulsi, penstabil suspensi, pelapis, pengikat, pembentuk gel dan film dalam berbagai industri. Larutan alginat tidak dapat menjadi gel pada pendinginan atau mengalami koagulasi pada pemanasan, dan kekentalan hanya sedikit saja dipengaruhi oleh pH pada rentang 4-10. Alginat dapat membentuk gel dengan kalsium,

asam, atau keduanya. Struktur rantai alginat terlihat pada Gambar 2.2 [17].

Berat molekul natrium alginat berkisar antara 10.000 hingga 600.000. Biopolimer ini adalah suatu kopolimer yang terdiri atas residu – D – asam manuronat (M), – L – asam guluronat (G), dan dimer dari MG, yang tersusun dalam blok-blok homopolimer dari masing-masing tipe (MM, GG) dan dalam blok-blok heteropolimer (MG) [18].



Gambar 2.2 Struktur Rantai Alginat

2.4 Amobilisasi Biomassa *A. microphylla*

Amobilisasi adalah suatu teknik yang digunakan untuk fiksasi kimia atau fisika dari sel, organel sel, enzim, atau protein (misalnya monoclonal antibodi) ke dalam matriks pendukung atau membran dalam rangka meningkatkan stabilitas dan memungkinkan dalam penggunaan berulang-ulang [18].

Pada penelitian tentang amobilisasi biomassa ini, biomassa yang telah teramobilisasi akan memperbesar luas permukaan biomassa, sehingga ion logam dapat terikat lebih banyak pada biomassa tersebut. Pengamobilisasian biomassa juga akan meningkatkan kekuatan mekanik biomassa dan meningkatkan ketahanan terhadap sifat kimia yang muncul dari sampel sehingga mempermudah desorpsi dan pemakaian kembali biomassa. Selain itu amobilisasi biomassa mampu menggunakan kembali biomassa yang mahal harganya, meningkatkan produk dan mampu beroperasi secara berkesinambungan dalam jangka waktu lama [19].

2.5 Biosorpsi

Biosorpsi adalah proses penyerapan logam dengan menggunakan biomassa yang tidak aktif atau mati dan mudah didapat untuk memisahkan logam-logam berat dari larutan encernya dalam air. Proses biosorpsi logam berat oleh biomassa sangat dipengaruhi oleh gugus fungsi yang terdapat dalam biomassa. Menurut penelitian [20]

yang menggunakan *Solanum elaeagnifolium* sebagai biomassa, menunjukkan bahwa sampai taraf tertentu kelompok karbosisil (-COOH) mempunyai peranan penting dalam mengikat ion logam positif dan terjadi penyerapan. Gugus karbosisil (-COOH) pada tumbuhan biasanya terdapat pada karbohidrat, protein, dan minyak. Selain itu, derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap proses biosorpsi logam di dalam larutan, karena pH akan mempengaruhi muatan pada situs aktif atau ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif.

Muatan dalam adsorben dipengaruhi titik isoelektrik, dimana pada pH lebih tinggi dari titik isoelektrik dinding sel, adsorben akan memiliki muatan negatif dan pada pH lebih rendah dinding sel adsorben akan memiliki muatan positif. Muatan negatif pada dinding sel inilah yang akan berinteraksi dengan ion logam [21].

2.6 Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa

Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan. Adsorpsi dilakukan menggunakan adsorben berbasis biomassa [22]. Saat telah mencapai jenuh, daya adsorpsi biomassa akan semakin menurun karena permukaan biomassa tidak cukup kuat untuk mengikat kation logam yang tersisa dalam larutan [7].

Biomassa adalah bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui dan dari makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan. Biomassa merupakan tumbuh-tumbuhan seperti pepohonan, rerumputan, hasil pertanian ataupun mikroorganisme. Pada umumnya, mekanisme pengikatan ion logam oleh biomassa dapat terjadi melalui mekanisme secara aktif maupun pasif. Pengikatan ion logam secara aktif oleh tumbuhan terjadi pada saat tumbuhan masih hidup dan terjadi akumulasi intraseluler ion logam tersebut [23].

Pengikatan ion logam secara pasif terjadi karena ion logam diikat oleh dinding sel tumbuhan ketika tumbuhan telah mati. Proses ini terjadi ketika gugus-gugus fungsi seperti karbonil, amino, tiol, hidroksikarbonil yang berada pada dinding sel mengikat ion logam tersebut. Mekanisme proses ini bersifat reversible dan berlangsung cepat. Pengikatan ion logam pada biomassa tidak bergantung pada aktivitas metabolik, namun pengikatan berlangsung pada permukaan sel. Pada lapisan permukaan sel biomassa terdapat situs-situs yang

bermuatan berlawanan dengan logam sehingga interaksinya merupakan interaksi pasif [23].

2.7 Desorpsi

Desorpsi merupakan kebalikan dari proses adsorpsi. Desorpsi adalah proses pelepasan kembali adsorbat dari adsorben ke dalam suatu larutan. Mekanisme desorpsi mirip dengan pertukaran ion, di mana logam dielusi dari biosorben oleh larutan pengelusi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biomassa dapat dielusi dan diregenerasi dengan beberapa pelarut organik seperti metanol, etanol atau dengan pelarut anorganik seperti HCl, H₂SO₄, HNO₃, EDTA. Desorpsi logam dapat dilakukan di bawah kondisi asam. Selama proses desorpsi, ion logam yang terdapat di biomassa diganti oleh proton yang menyebar dari larutan eluennya. Kemudian, ion logam yang terelusi dapat berdifusi melalui biomassa yang permeabel terhadap permukaan partikel [9].

Untuk menentukan banyaknya logam yang mampu didesorpsi dari biomassa dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 [9]

$$\% \text{ratio desorpsi} = \frac{\text{jumlah ion logam yang diserap}}{\text{jumlah ion logam yang teradsorpsi}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.8 Pengaruh Konsentrasi Seng(II) terhadap Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa

Salah satu faktor yang berperan dalam suatu proses adsorpsi adalah konsentrasi adsorbat. Secara umum, adsorpsi akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi adsorbat tetapi tidak berbanding secara langsung. Adsorpsi akan konstan jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan [16].

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni[6] menyatakan bahwa penyerapan ion logam oleh adsorben meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal ion logam, kemudian konstan setelah tercapai kesetimbangan. Hal ini karena meningkatnya konsentrasi awal Zn(II) akan memberikan daya dorong yang lebih besar. Hasilnya ion Zn(II) akan berpindah(migrasi) dari permukaan luar ke dalam pori-pori zeolit A yang berukuran mikro. Semakin tinggi konsentrasi larutan Zn(II) maka lebih banyak Zn(II) yang tertukar atau terserap.

2.9 Adsorpsi dan Desorpsi Seng(II) Menggunakan Metode Batch

Pada penelitian ini, metode untuk adsorpsi dan desorpsi logam seng(II) yang digunakan adalah metode *batch*. Metode *batch* adalah suatu proses pemisahan dimana komponen pada fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap logam berat. Pada penelitian ini, proses pengeluaran ion yang digunakan adalah desorpsi atau elusi. Larutan yang digunakan sebagai pendesorpsi adalah larutan HCl. Faktor-faktor yang mempengaruhi desorpsi diantaranya adalah volume dan konsentrasi yang akan bertambah apabila ukuran partikel penukar ionnya bertambah. Serta waktu kontak, semakin lama waktu kontak maka desorpsinya juga semakin besar [24].

2.10 Analisis Seng(II) Menggunakan SSA

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode analisis untuk menentukan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi sumber oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Proses penyerapan tersebut menyebabkan atom penyerap tereksitasi, dimana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Intensitas radiasi yang banyak diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (absorbansi) atau mengukur radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan [25].

Metode spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi kuantitas atom logam yang terdapat dalam suatu larutan. Atom-atom yang dieksitasi dari suatu lampu monokromator, akan memancarkan radiasi bila mereka kembali ketingkat elektronik yang lebih rendah, radiasi itu bukan suatu kontinu melainkan sebuah frekuensi-frekuensi diskrit yang menyatakan transisi elektron dalam suatu atom logam [26].

SSA umumnya menggunakan bahan bakar propana, butana, hidrogen dan asetilen, sedangkan oksidatornya adalah udara, oksigen, N₂O dan asetilen. Logam-logam yang mudah diuapkan seperti Cu, Pb, Zn, dan Cd, umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan

untuk unsur-unsur yang tidak mudah diatomisasi diperlukan suhu tinggi. Jika ditinjau dari hubungan antara konsentrasi dan absorbansi, maka hukum Lambert-Beer dapat digunakan jika sumbernya merupakan monokromatis. Penghitungan secara kuantitatif dari hukum Lambert-Beer dengan persamaan [9]:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c$$

Dimana :

A : Absorbansi

ϵ : Absorptivitas molar (mol/L)

a : Absorptivitas (g/L)

b : Tebal nyala (nm)

c : Konsentrasi (ppm)

Tabel 2.2 Panjang gelombang logam Seng

Unsur	Panjang gelombang (nm)	Sensitivitas ($\mu\text{g/mL}$)	Batas deteksi ($\mu\text{g/mL}$)
Zn	213,9	0,009	1,0

2.11 Persamaan Adsorpsi Isotermis

Terdapat lima model persamaan adsorpsi isotermis untuk suatu adsorben, yaitu adsorpsi isotermis Langmuir, adsorpsi isotermis Freundlich, BET (Brunauer Emmet dan Teller), dan isotherm Temkin dan isotherm Fowler [27]. Dari masing-masing persamaan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda, serta setiap persamaan memiliki konsep yang berbeda-beda pula. Perbedaan dari setiap persamaan isotermis adsorpsi ini terlihat pada Tabel 2.3 [28].

Teori Isoterm dari	Persamaan	Aplikasinya pada
Langmuir	$\frac{V}{V_m} = \theta = \frac{bP}{1 + bP}$	Adsorpsi fisik dan kimia
Freundlich		Adsorpsi fisik dan

	$V = KP^{1/n} (n > 1)$	kimia
Temkin	$\frac{V}{V_m} = \theta = a \log bP$	Adsorpsi kimia
BET	$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C - 1) P}{V_m C P_0}$	Adsorpsi fisik multimolekuler
Fowler	$b \cdot bP = \frac{\theta}{1 - \theta} \exp\left(\frac{2\theta\omega}{kT}\right)$	Adsorpsi fisik dan kimia

Tabel 2.3 Perbedaan dari setiap konsep persamaan isotermis adsorpsi

Keterangan :

- V = derajat penutupan permukaan oleh adsorbat
- V = volume gas yang diadsorpsi
- V_m = volume gas maksimum yang mungkin teradsorpsi
- P_0 = tekanan uap jenuh gas
- A, b, c, K, n = merupakan konstanta
- = term interaksi antara partikel adsorpsi lebih lanjut
- k = tetapan gas Boltzman

Adsorpsi molekul atau ion permukaan suatu padatan pada umumnya terbatas pada lapisan satu molekul (monolayer). Atau dengan kata lain adsorpsi tersebut biasanya mengikuti model persamaan adsorpsi Freundlich atau Langmuir.

2.12 Adsorpsi Isotermis Langmuir

Pada model persamaan adsorpsi isotermis Langmuir ini, Langmuir mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul saja, dengan demikian adsorpsi hanya terbatas pada pembentukan lapis tunggal (monolayer) [29], adsorpsi terlokalisasi, kalor adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, semua

situs bersifat sama dan permukaan adsorben bersifat homogen, dan kemampuan adsorpsi molekul pada suatu situs tidak tergantung pada situs yang lainnya [30].

Persamaan Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi (adsorbat) dengan molekul-molekul zat yang masih bebas. Berdasarkan persamaan isoterm Langmuir dapat diperoleh informasi mengenai Q^0 , yang menunjukkan nilai dari kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben [31].

Dalam sistem larutan, adsorpsi isoterm Langmuir memberikan persamaan sebagai berikut [32]:

$$X_m/m = \frac{a.C}{1 + b.C}$$

$$m.C/X_m = 1/a + \left(\frac{b}{a}\right).C$$

Dimana, X_m = berat zat yang diadsorpsi
 m = berat adsorben
 C = konsentrasi zat

2.13 Adsorpsi Isotermis Freundlich

Persamaan adsorpsi isotermis Freundlich ini pada umumnya digunakan untuk menggambarkan karakteristik adsorpsi untuk adsorben yang memiliki permukaan heterogen [33]. Isotermis Freundlich adalah model persamaan empiris yang digunakan untuk adsorpsi dalam sistem berair [34]. Model Isoterm Freundlich merupakan persamaan empirik, yang dinyatakan dengan persamaan [35]:

$$q = k_F C^{1/n} \quad \dots (1)$$

dengan k_F dan n merupakan konstanta Freundlich, k_F dan n merupakan fungsi suhu dengan persamaan [35]:

$$k_F = k_{F,\infty} \exp(-k_{F,0} T) \quad \dots (2)$$

$$\Pi = \frac{1}{k_{F,0}}$$

dengan Π , $k_{F,\infty}$ dan $k_{F,0}$ adalah konstanta.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang mulai bulan Maret hingga Juli 2015.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan yaitu tumbuhan *A. microphylla* yang diperoleh dari laboratorium bioteknologi Universitas Muhammadiyah Malang dan bahan kimia yang akan digunakan pada penelitian ini berderajat analisis (p.a). Bahan-bahan tersebut antara lain $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NaOH, AgNO_3 , HCl (37%, $\rho = 1,19 \text{ g/mL}$), CaCl_2 2%, nutrisi agar, tanaman *A. microphylla*, akuades, kertas saring, aluminium foil, dan kertas pH indikator.

3.3 Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas yang meliputi pipet ukur 10 mL, pipet volume (5 mL, 10 mL, 25 mL), pipet tetes, gelas beaker (100 mL, 250 mL), gelas arloji, gelas ukur 10 mL, labu ukur 100 mL, ayakan 20, 40, 120 dan 150 mesh, timbangan mettle AE 50, oven Fiesher Scientific 655F, pH universal, blender, pengaduk magnet dan SSA Shimadzu AA 6800.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian secara umum adalah :

1. Preparasi adsorben biomassa *A. microphylla*
2. Amobilisasi biomassa pada Ca-alginat
3. Penentuan kapasitas adsorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat dengan berbagai variasi konsentrasi seng(II)
4. Penentuan desorpsi seng(II) pada biomassa *A. microphylla*-alginat dengan berbagai variasi konsentrasi HCl
5. Analisis data

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi biomassa *A. microphylla*

Biomassa *A. microphylla* dipreparasi dengan cara dicuci menggunakan air hingga bersih lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C hingga massa biomassa *A. microphylla* konstan. Biomassa yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan berukuran 120 mesh. Partikel yang lolos kemudian diayak kembali menggunakan ayakan 150 mesh. Partikel yang tidak lolos dari ayakan 150 mesh merupakan biomassa yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu biomassa yang berukuran 120-150 mesh. Biomassa ini dicuci menggunakan larutan HCl 0,01M sebanyak dua kali. Kemudian biomassa dibilas menggunakan aquades hingga diperoleh filtrat yang tidak membentuk endapan ketika ditambahkan larutan AgNO₃ 0,1M. Kemudian dikeringkan pada oven dengan temperatur 60° C sampai diperoleh massa konstan.

3.5.2 Amobilisasi biomassa *A. microphylla* pada Ca-alginat

Larutan Na-alginat 2 % diambil sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL. Biomassa *A. microphylla* sebanyak 5 gram kemudian ditambahkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan campuran tersebut dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan dengan 400 mL larutan CaCl₂ 2 % ke dalam larutan campuran tersebut. Larutan campuran kemudian didiamkan pada suhu 4° C selama 1 jam. Sel amobilisasi yang sudah terbentuk selanjutnya dicuci menggunakan larutan NaCl 0,85 % dan akuades. Sel amobilisasi selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110° C hingga tercapai massa konstan. Sel amobilisasi tersebut kemudian ditumbuk dengan mortar dan alu, dan diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh. Partikel yang lolos dari ayakan 60 mesh selanjutnya diayak lagi menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Partikel yang tidak lolos pada 100 mesh yang akan digunakan sebagai adsorben pada adsorpsi seng(II).

3.5.3 Penentuan kapasitas adsorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat

Sebanyak 0,1 g biomassa *A. microphylla*-alginat dimasukkan dalam erlenmeyer 100 mL. Larutan seng(II) dengan berbagai konsentrasi ditambahkan sebanyak 25 mL dengan pH 6 ke dalam erlenmeyer yang berisi biomassa *A. microphylla*-alginat. Larutan

tersebut dikocok menggunakan pengocok listrik 125 rpm selama 10 menit. Suspensi yang terbentuk disentrifugasi menggunakan sentrifuge berkecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dipisah dan dimasukkan ke dalam botol. Selanjutnya supernatan yang di dapat akan digunakan untuk menentukan konsentrasi seng(II) yang masih terdapat di dalam supernatan tersebut dengan menggunakan SSA. Perlakuan tersebut kemudian juga dilakukan pada variasi konsentrasi 50, 75, 100, 125, 150, 175 mg/L, dan dilakukan secara triplo.

3.5.4 Desorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat

Biomassa *A. microphylla*-alginat sebanyak 0,1 g diambil dari hasil sentrifugasi pada proses adsorpsi, kemudian dicuci menggunakan akuades sebanyak 150 ml dan dikeringkan pada temperatur 60° C. Biomassa *A. microphylla*-alginat kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 25 ml larutan HCl dengan variasi konsentrasi. Larutan tersebut kemudian dikocok menggunakan pengocok listrik berkecepatan 125 rpm selama 10 menit. Suspensi yang terbentuk disentrifugasi menggunakan sentrifuge berkecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dipisah dan dimasukkan ke dalam botol. Selanjutnya supernatan yang didapat akan digunakan untuk menentukan konsentrasi seng(II) yang masih terdapat di dalam supernatan tersebut dengan menggunakan SSA. Perlakuan tersebut kemudian juga dilakukan pada variasi konsentrasi HCl 0,20 M; 0,40 M; 0,60 M; 0,80 M ; 1 M dilakukan duplo.

3.6 Analisis data

3.6.1 Penentuan konsentrasi seng(II) setelah adsorpsi

Konsentrasi seng(II) setelah diadsorpsi dari larutan oleh biomassa *A. microphylla*-alginat dapat ditentukan menggunakan persamaan kurva baku sebagai berikut:

$$y = a \cdot x$$

Keterangan : y = absorbansi
x = konsentrasi terukur

a = slope

Maka konsentrasi seng(II) setelah adsorpsi (C_s) (mg/L) sebagai berikut :

$$C_s = \frac{y}{a} \times fp$$

Keterangan: fp = faktor pengenceran

Penentuan kapasitas adsorpsi dan desorpsi biomassa *A. microphylla*-alginat ditampilkan dalam dua grafik, yaitu:

- Variasi konsentrasi ion seng(II) terhadap adsorpsi ion seng(II) (mg/g)
- Variasi konsentrasi HCl terhadap desorpsi ion seng(II)

Persen ion seng(II) yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Persen seng(II) Teradsorpsi} = \frac{C_o - C_s}{C_o} \times 100\%$$

dimana, C_o = konsentrasi Zn^{2+} sebelum adsorpsi (ppm)

C_s = konsentrasi Zn^{2+} setelah adsorpsi (ppm)

Jumlah Zn^{2+} yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-alginat dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_c = \frac{(C_o - C_s) \times V}{W} \text{ mg/g}$$

dimana, Q_c = jumlah seng(II) teradsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi Zn^{2+} sebelum adsorpsi (ppm)

C_s = konsentrasi Zn^{2+} setelah adsorpsi (ppm)

V = volume larutan total Zn^{2+} (L)

W = berat adsorben (g)

3.6.2 Penentuan presentase desorpsi

Untuk menentukan persen desorpsi dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{desorpsi} = \frac{C_R}{C_0 - C_S} \times 100 \%$$

Keterangan :

%desorpsi = perolehan kembali

C_R = konsentrasi larutan logam setelah peroleh kembali

C_S = konsentrsi larutan logam setelah adsorpsi

C_0 = konsentrasi larutan logam mula-mula

3.6.3 Uji statistika

Data yang diperoleh dianalisa, yang mana untuk mengetahui pengaruh dari tiap perlakuan dengan uji F pada taraf nyata 1%. Apabila ada perbedaan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan nilai optimum, dengan pola analisis yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Uji statistik adsorpsi seng(II) oleh adsorben

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A	Y_{11}	Y_{14}	Y_{13}		
B					
C					
Total			Y_{ij}		

Untuk uji ada tidaknya pengaruh variasi konsentrasi maka dilakukan uji F dengan cara sebagai berikut:

1. Menghitung Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij})^2}{p \times n}$$

2. Menghitung Jumlah kuadrat (JK)

$$JK_{\text{total}} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK$$

$$JK_{\text{perlakuan}} = \frac{\sum_{i=1}^p (\sum_{j=1}^n Y_{ij})^2}{n} - FK$$

$$JK_{\text{galat}} = JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}}$$

3. Menghitung kuadrat tengah (KT) setiap sumber keragaman

$$KT_{\text{perlakuan}} = \frac{JK_{\text{perlakuan}}}{dB_{\text{perlakuan}}}$$

$$KT_{\text{galat}} = \frac{JK_{\text{galat}}}{dB_{\text{galat}}}$$

1. Menghitung nilai F

$$F_{\text{hitung}} = \frac{KT_{\text{perlakuan}}}{KT_{\text{galat}}}$$

Jumlah kuadrat total perlakuan dan galat yang telah diketahui, dibuat tabel analisis variasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel analisis sidik ragam satu arah

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F _{hitung}
Perlakuan	P-1	JK _p	KT _p	
Galat	P(n-1)	JK _g	KT _g	KT _p /KT _g
Total	Pn-1			

Keterangan : p = banyaknya perlakuan
 n = banyaknya ulangan
 dB = derajat bebas

Untuk menghitung beda nyata tiap perlakuan, maka dibuat hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) sebagai berikut :

H_0 = tidak ada pengaruh perlakuan

H_1 = minimal 1 pasang perlakuan menunjukkan perbedaan

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan nyata perlakuan dan dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

1. Menentukan BNT

$$BNT(\alpha) = t_{tabel}\left(\frac{\alpha}{2}, dB_g\right) \sqrt{\frac{2KT_g}{n}}$$

2. Menghitung beda rata-rata antar perlakuan

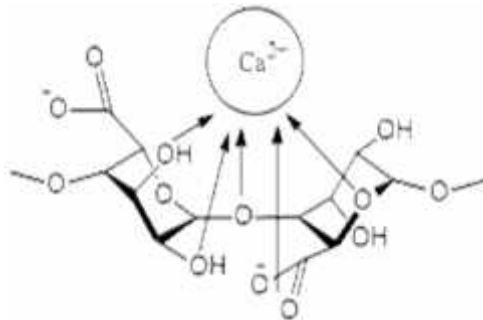
3. Menarik kesimpulan

- a. Jika $BNT(\alpha) < (X_A - X_B)$ berarti ada beda nyata.
- b. Jika $BNT(\alpha) > (X_A - X_B)$ berarti tidak ada beda nyata

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Amobilisasi Biomassa pada Ca-Alginat

Amobilisasi biomassa dilakukan guna memperbesar ukuran pori biomassa sehingga dapat digunakan untuk metode kolom dan tidak menggumpal saat digunakan pada metode kolom. Awalnya, biomassa direaksikan terlebih dahulu dengan Ca-alginat. Ca-alginat dibuat dengan cara mencampurkannya menggunakan CaCl_2 . Larutan Ca-alginat ini terbentuk karena adanya pertukaran ion antara ion natrium dari alginat dan ion kalsium dari CaCl_2 . Ion kalsium yang ada pada CaCl_2 dapat dengan cepat masuk ke dalam butiran alginat sehingga ion tersebut akan membentuk ikatan dengan residu $-L$ -guluronat yang berada pada rantai alginat. Gambaran ikatan yang terjadi antara ion kalsium pada rantai alginat seperti pada Gambar 4.1.



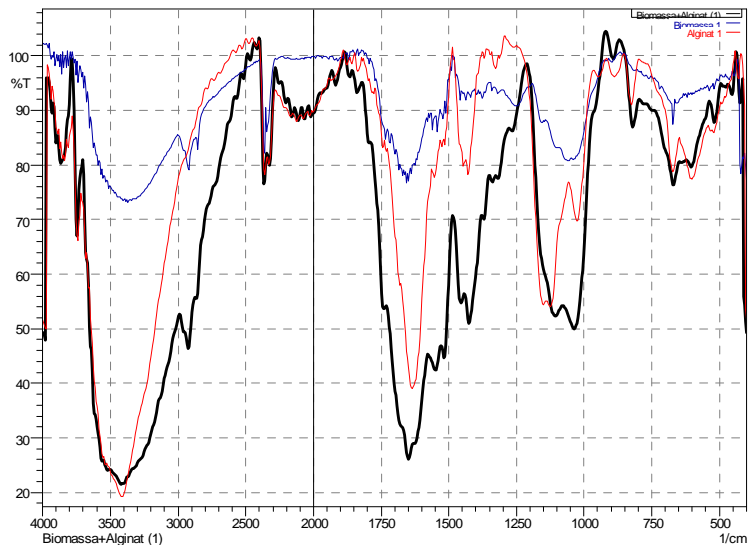
Gambar 4.1 Kemungkinan ikatan ion kalsium pada rantai alginat

Proses amobilisasi ini dapat meningkatkan gugus-gugus aktif yang ada pada biomassa. Pada proses amobilisasi ini, gugus-gugus karboksil yang ada pada alginat akan bereaksi dengan gugus-gugus hidroksil yang ada pada glukosa dari biomassa tersebut. Biomassa *A. microphylla*-alginat ini dapat menghasilkan ukuran yang lebih besar serta agregat yang lebih stabil. Tujuan dari amobilisasi ini sendiri adalah agar biomassa tidak mudah rusak dan dapat digunakan secara berulang-ulang, namun harus memutuskan ikatan antara logam dengan adsorben lebih dahulu (*recovery*).

4.2 Karakterisasi Biomassa *A. microphylla*

4.2.1 FT-IR

Karakterisasi yang dilakukan untuk biomassa *A. microphylla*-alginat ini yaitu menggunakan spektroskopi FT-IR. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari proses amobilisasi yang dilakukan pada biomassa. Dari analisis yang dilakukan dengan FT-IR ini dapat diketahui gugus fungsi yang terdapat pada permukaan biomassa. Pada karakterisasi ini diperoleh spektra fungsi dari biomassa sebelum dan sesudah amobilisasi serta alginat. Sehingga, dapat dilihat interaksi antara ketiganya. Karakterisasi ini digunakan agar mengetahui gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam biomassa tersebut. Karakterisasi dilakukan dengan membandingkan spektra IR alginat, biomassa *A. microphylla* sebelum dan sesudah amobilisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spektra FTIR biomassa *A. microphylla* amobilisasi(garis hitam), biomassa non amobilisasi (garis biru) dan alginat (garis merah)

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa muncul serapan yang menunjukkan adanya gugus O-H karboksil, C-O karbonil, dan C-H sp^3 alkane. Gugus tersebut memiliki peran penting dalam proses adsorpsi dan desorpsi dari ion seng(II).

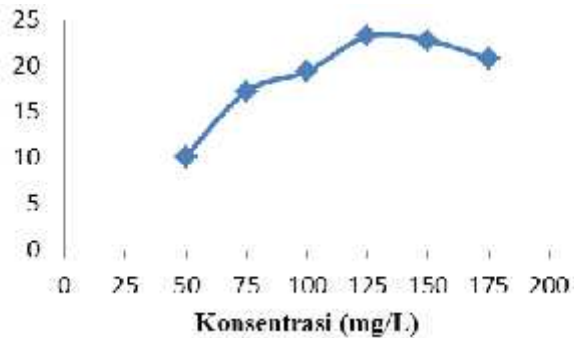
Pergeseran bilangan gelombang terjadi secara signifikan dari spektra biomassa non amobilisasi dan spektra biomassa amobilisasi. Pada spektra IR biomassa non amobilisasi muncul serapan pada bilangan gelombang $3409,91\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus O-H karboksil yang serapannya juga muncul pada spektra biomassa amobilisasi dengan pergeseran bilangan gelombang yang kecil yaitu pada $3373,27\text{ cm}^{-1}$. Munculnya puncak baru pada biomassa non amobilisasi dengan bilangan gelombang $2362,64\text{ cm}^{-1}$ dan $1635,52\text{ cm}^{-1}$ pada biomassa amobilisasi, serapan ini menunjukkan adanya vibrasi dari gugus C-H ulur alkana. Pergeseran bilangan gelombang selanjutnya terjadi pada serapan puncak yang menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus C=O yaitu $1635,52\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1656,74\text{ cm}^{-1}$. Dari karakterisasi ini dapat terlihat jelas bahwa proses amobilisasi telah terjadi dengan melihat puncak baru dan pergeseran bilangan gelombang yang menunjukkan adanya interaksi biomassa dengan alginat.

4.3 Adsorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa *A. microphylla* yang diamobilisasi pada Ca-alginat

Proses adsorpsi pada seng(II) ini dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi seng(II). Penentuan ini dilakukan dengan metode *batch* pada variasi konsentrasi larutan seng(II) 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg/L pada pH 6 dan dilakukan selama 10 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi seng(II) sangat berpengaruh terhadap adsorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat. Hal ini ditunjukkan dengan semakin besar konsentrasi seng(II) maka jumlah logam yang teradsorpsi (Q_c) juga semakin besar. Dari data penelitian yang diperoleh, dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi awal seng(II) dengan jumlah seng(II) yang teradsorpsi oleh biomassa (Q_c) seperti pada Gambar 4.3.

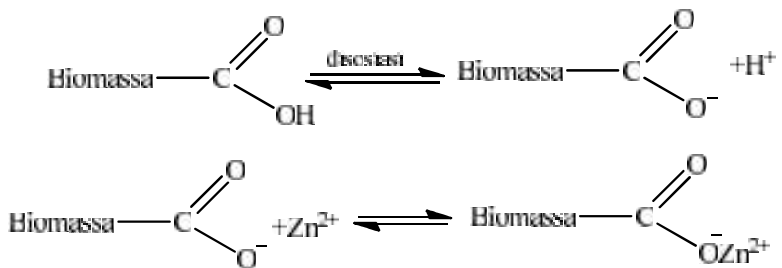
Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai Q_c mulai dari konsentrasi seng(II) 50 mg/L hingga 125 mg/L cenderung naik. Pada konsentrasi seng(II) 125 mg/L terjadi peningkatan Q_c yang paling besar yaitu sebesar 23,20 mg/g dan terjadi penurunan nilai Q_c pada konsentrasi 150 mg/L. Ini terjadi karena semua ion seng(II) dalam larutan berinteraksi dengan gugus aktif karboksilat yang ada pada biomassa. Sehingga, semakin besar konsentrasi awal seng(II) maka kapasitas adsorpsinya juga semakin

besar, namun saat kapasitas adsorpsinya terpenuhi, maka adsorben akan mengalami kejenuhan sehingga jumlah seng(II) yang teradsorpsi akan menurun.



Gambar 4.3 Kurva hubungan antara konsentrasi seng(II) yang digunakan (ppm) dengan jumlah seng(II) teradsorpsi (mg/g)

Mekanisme reaksi yang mungkin terjadi pada saat pengikatan seng(II) oleh *A. microphylla*-alginat seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Reaksi pengikatan seng(II) oleh biomassa

Pada gambar diatas, terjadi gaya elektrostatis dimana gaya ini timbul karena adanya gaya tarik menarik antara ion-ion yang berlawanan muatannya. Gaya elektrostatis ini dapat menimbulkan tarikan ion-ion ke permukaan adsorben yang memiliki muatan berlawanan. Saat proses adsorpsi seng(II) ini, terjadi interaksi elektrostatis antara muatan negatif dari gugus karboksilat di biomassa dengan muatan positif dari larutan logam seng(II). Muatan inilah

yang mendorong terjadinya interaksi elektrostatik sehingga seng(II) dapat terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat.

Tahap selanjutnya adalah uji statistik dengan menggunakan uji ANOVA. Uji ANOVA pada taraf nyata 0,05 untuk variasi konsentrasi seng(II), diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 893,26 yang lebih besar dari F_{tabel} yaitu 3,11. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi HCl berpengaruh terhadap persen adsorpsi logam seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat. Dilanjutkan dengan uji BNT untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing variasi konsentrasi. Dari uji BNT diperoleh hasil uji sebesar 1,20, menunjukkan bahwa rata-rata Q_c pada konsentrasi 50 mg/L sampai 100 mg/L berbeda nyata, sedangkan pada konsentrasi HCl 125 mg/L dan 175 mg/L tidak berbeda nyata. Berdasarkan grafik diatas dan setelah dilakukan uji statistik diperoleh bahwa konsentrasi 125 mg/L merupakan kondisi optimum untuk adsorpsi logam seng(II) dengan berbagai variasi konsentrasi yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat (Lampiran G).

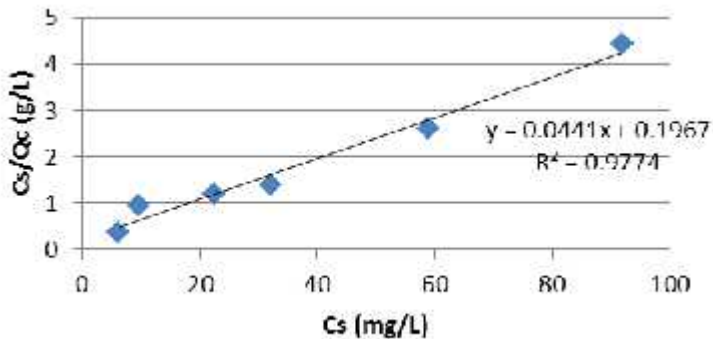
Pada penentuan adsorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat ini, dilakukan analisis dengan menggunakan persamaan adsorpsi isoteremis Langmuir dan Freundlich. Dimana persamaan ini digunakan agar dapat mengetahui kapasitas adsorpsi dengan melihat tingkat kelinieran dari grafik. Analisis dengan persamaan ini dilakukan pada rentang konsentrasi seng(II) 50 mg/L hingga 175 mg/L. Persamaan isoteremis yang memenuhi pada rentang konsentrasi 50 mg/L hingga 175 mg/L adalah persamaan isoteremis Langmuir. Ini membuktikan bahwa pada konsentrasi tersebut adsorpsi hanya terjadi pada dinding sel adsorben.

Kapasitas adsorpsi menggunakan persamaan adsorpsi isoteremis Langmuir dan Freundlich dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

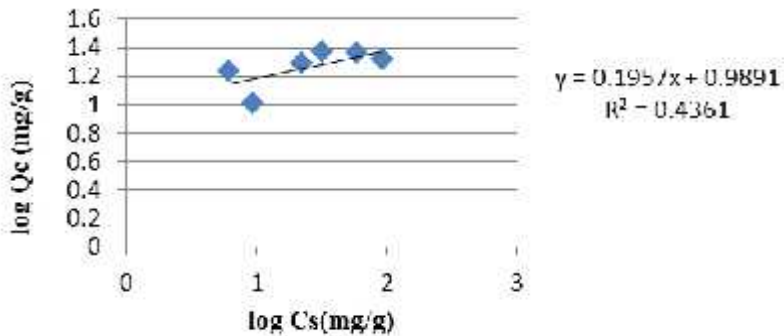
Berdasarkan gambar 4.5, menunjukkan grafik hubungan antara C_s dan C_s/Q_c dari pengukuran yang diperoleh (Tabel I.1). Dari hubungan tersebut dapat digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi Q_{max} dan nilai K_L (Tabel I.2). Kapasitas adsorpsi (Q_{max}) adalah sebesar 22,675 mg/g dan nilai K_L sebesar 0,008. Nilai K_L menunjukkan bentuk isoteremis. Jika $K_L > 1$ maka adsorpsi kurang menguntungkan, jika K_L diantara 0 dan 1, maka adsorpsi yang terjadi bersifat menguntungkan, sedangkan jika nilai K_L 0, maka adsorpsi yang terjadi bersifat irreversible. Koefisien korelasi yang dihasilkan

dari grafik diatas adalah 0,9774 (Tabel I.2). Pada Gambar 4.6 menunjukkan grafik hubungan antara $\log C_s$ dan $\log Q_c$ dari data pengukuran (Lampiran I.3). Hubungan tersebut digunakan untuk menghitung nilai K_f dan n . Nilai K_f dapat digunakan untuk melihat kemampuan relatif dari suatu adsorben dalam mengadsorpsi ion logam, jika nilai K_f semakin besar, maka semakin besar pula kemampuan suatu adsorben dalam mengadsorpsi, Nilai K_f yang diperoleh adalah sebesar 9,752 dan nilai n yang diperoleh adalah 5,11 dengan koefisien korelasi yaitu 0,4361 (Tabel I.4). Dari nilai K_f yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa biomassa *A. microphylla*-alginat mempunyai kemampuan mengadsorpsi yang cukup baik.

Dari kedua model persamaan adsorpsi isoteremis tersebut dapat dilihat bahwa yang memiliki nilai koefisien korelasi tertinggi saat proses adsorpsi isoteremis Langmuir. Ini berarti, adsorpsi biomassa yang diamobilisasi mengikuti model persamaan isoteremis Langmuir.



Gambar 4.5 Kurva adsorpsi isoteremis Langmuir



Gambar 4.6 Kurva adsorpsi isotermis Freundlich

4.4 Desorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa *A. microphylla* yang Diamobilisasi pada Ca-alginat

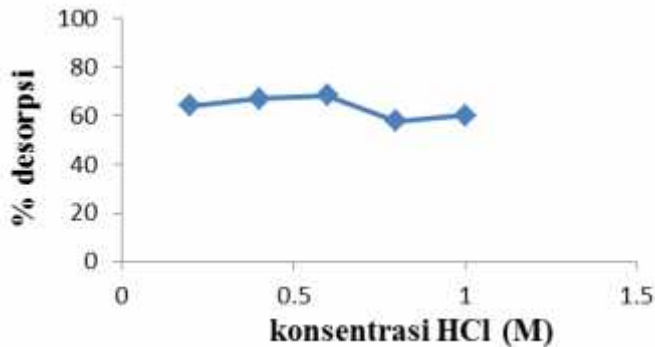
Proses selanjutnya yaitu desorpsi dari seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat. Proses desorpsi ini dapat terjadi jika proses adsorpsi yang dilakukan sudah mencapai maksimal, yaitu saat permukaan dari adsorben sudah mengalami kejenuhan atau tidak mampu lagi untuk menyerap adsorbat serta terjadi kesetimbangan. Desorpsi biomassa ini dapat dilakukan dibawah kondisi asam yang bertujuan untuk mengembalikan kemampuan biomassa agar tidak rusak atau dapat digunakan kembali. Pada percobaan ini digunakan larutan HCl sebagai larutan pendesorpsinya. Variasi konsentrasi yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari konsentrasi larutan pendesorpsi yaitu 0,2 M; 0,4 M; 0,6 M; 0,8 M; dan 1 M.

Saat proses desorpsi, dilakukan pencucian selama beberapa kali dengan aquades pada adsorben yang telah mengikat seng(II). Tujuannya adalah agar melepaskan residu seng(II) yang terdapat pada permukaan adsorben. Proses desorpsi dilakukan dengan mencampurkan larutan pendesorpsi dengan biomassa *A. microphylla*-alginat menggunakan metode *batch* dan dilakukan pengadukan agar terjadi kontak yang rata antara permukaan adsorben yang mengikat seng(II) dan larutan HCl sebagai larutan pendesorpsinya. Saat terjadi kontak dari keduanya pada waktu pengocokan, diharapkan logam seng(II) yang telah terikat pada biomassa dapat terlepas kembali.

Dari pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh data persen desorpsi yang cukup meningkat dan diperoleh konsentrasi optimum untuk larutan pendesorpsi yaitu pada konsentrasi 0,6 M. Hubungan antara variasi konsentrasi dengan persen desorpsi seng(II) disajikan dalam Gambar 4.7.

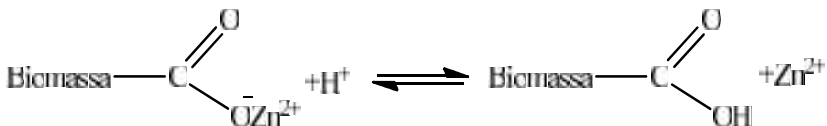
Dari pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh rata-rata persen desorpsi dari masing-masing konsentrasi HCl secara berturut-turut dari 0,2 M; 0,4 M; 0,6 M; 0,8 M; dan 1M adalah 64,11%, 67,10%, 68,47%, 57,91%, dan 60,24% (lampiran F). Dari grafik 4.7, dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya konsentrasi HCl maka semakin berbanding lurus dengan persen desorpsi dari logam seng(II) yang terikat dengan biomassa *A. microphylla*-alginat. Namun, peningkatan persen desorpsi hanya terjadi hingga konsentrasi 0,6 M yaitu sebesar 68,47%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi HCl yang rendah proton yang tersedia pada larutan pendesorpsi masih sedikit, sehingga logam yang terdapat pada biosorben belum sepenuhnya tergantikan. Proton yang terdapat pada pendesorpsi akan menghilangkan ion logam dari biosorben. Pada saat konsentrasi HCl 0,8 M dan 1 M, persen desorpsi seng(II) mengalami penurunan sebesar 57,91%, dan 60,24%. Penurunan desorpsi ini dikarenakan sisi aktif dari biosorben yang telah jenuh. Sisi aktif dari biosorben menjadi jenuh dapat dikarenakan terjadi kesetimbangan termodinamik antara adsorpsi dan desorpsi sehingga proses desorpsi mengalami penurunan.

Dengan menggunakan uji ANOVA pada taraf nyata 0,05 untuk variasi konsentrasi pada proses desorpsi, diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 198,07 yang lebih besar dari F_{tabel} yaitu 5,19. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi HCl berpengaruh terhadap persen desorpsi logam seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat. Dilanjutkan dengan uji BNT untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing variasi konsentrasi. Dari uji BNT diperoleh hasil perhitungan sebesar 11,27. Berdasarkan grafik diatas dan setelah dilakukan uji statistik diperoleh bahwa konsentrasi 0,6 M merupakan kondisi optimum untuk mendesorpsi logam seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat (Lampiran H).



Gambar 4.7 Pengaruh konsentrasi HCl terhadap desorpsi seng(II) pada biomassa *A. microphylla*-alginat

Digunakan larutan pendesorpsi yang bersifat asam yang bertujuan untuk mengganti ion logam yang terikat pada biomassa. Saat konsentrasi HCl 0,2 M persen desorpsi yang didapatkan cukup rendah yaitu sebesar 64,11%, ini dikarenakan pada konsentrasi yang rendah interaksi elektrostatis yang terjadi semakin melemah. Kemudian saat konsentrasi larutan pendesorpsi semakin meningkat, maka jumlah H^+ atau proton dari HCl akan meningkat juga. Dimana jumlah H^+ akan melepas logam seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat sehingga persen desorpsi juga semakin mengalami peningkatan. Pada proses desorpsi ini, seng(II) yang memiliki muatan positif dan terikat pada muatan negatif dari biomassa akan digantikan dengan ion H^+ dari larutan pendesorpsi sehingga logam seng(II) dapat dilepaskan dan ion H^+ akan berikatan dengan biomassa *Azolla microhylla*-alginat. Mekanisme reaksi yang terjadi sesuai dengan Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Reaksi pelepasan logam seng(II) dari biomassa

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan persamaan adsorpsi isothermis Langmuir didapatkan nilai Q_{max} (kapasitas adsorpsi) dari biomassa *A. microphylla*-alginat sebesar 22,675 mg/g.
2. Konsentrasi larutan HCl optimum untuk desorpsi seng(II) yang terikat pada biomassa *A. microphylla*-alginat adalah 0,6 M dengan presentase desorpsi sebesar 68,48%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang modifikasi biomassa *A. microphylla*-alginat yang pada Ca-Alginat serta penentuan kapasitas adsorpsi dan desorpsi dari biomassa *A. microphylla*-alginat pada Ca-Alginat agar lebih maksimal dalam mengadsorpsi unsur logam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widaningrum, Miskiyah dan Suismono., 2007, **Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternative Pencegahan Cemaranya**, *Bulletin Teknologi Pascrapanen Pertanian*, Vol 3.
- [2] Syahfitri, W. Y. N., Endah D. dan Syukria K., 2011, **Penentuan Logam Berat Cr,Co, Zn, dan Hg Pada Beras dan Kedelai dari Wilayah Kota Bandung**, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN*, Bandung.
- [3] Darmayanti, Nurdin R., dan Supriadi., 2012, **Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH**, *J. Akad. Kim*, 1(4): 159-165.
- [4] Amaria, Rudiana A., Sari E. C., Sri J. S., dan Narsito., 2007, **Adsorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Diimobilisasi pada Silika Secara Sol Gel**, *Akta Kimindo*, Vol. 2, No. 2: 63 – 74.
- [5] Napitupulu, M., 2008, **Analisis logam berat seng, cadmium, dan tembaga pada berbagai tingkat kemiringan tanah hutan tanaman industry PT. TOBA PULP LESTARI dengan metode spektrometri serapan atom (SSA)**, *Tesis*, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [6] Wahyuni, S. dan Nurul W., 2010, **Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI PAITON dengan Metode Batch**, *Prosiding KIMIA-FMIPA ITS*, Surabaya.
- [7] Komari, N. dan Anjang Y., 2012, **Penggunaan Biomassa *Aspergillus niger* Sebagai Biosorben Cr(III) (Using of *Aspergillus niger* As Iosorbent of Chromium (III))**, *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol. 19, No.1: 46 – 51.

- [8] Suhud, I., Vanny M. A. T., dan Baharuddin H., 2012, **Adsorption of Cadmium(II) Ion from its Solution by Using Biomass of Roots and Stems' Water Spinach (*Ipomoea Aquatic Forsk*)**, *J. Akad. Kim*, 1(4): 153-158.
- [9] Yun, Y-S., Park, D., Volesky, B., 2012, **Biosorption of Trivalent Chromium on The Brown Seaweed Biomass**, di dalam Sudiarta, I Wayan dan Wahyu, Dwijani Sulihingtyas, **Biosorpsi Cr(III) Pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Hijau Teramobilisasi EDTA**, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.
- [10] Novarida, Y. R., 2015, **Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap adsorpsi seng(II) menggunakan biomassa *Azolla microphylla* diamobilisasi pada Ca Alginat**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [11] Sarvida, M., Ratnawulan dan Gusnedi., 2013, **Pengaruh Logam Berat Terhadap Sifat Fisis Pemancaran Cahaya dari Bioluminisensi Kunang-kunang (*Pteroptyx tener*)**, *Pillar Of Physisc*, Vol. 2, 107-114.
- [12] Indriana, L. F., Sutrisno A. dan Ita W., 2011, **Studi Kandungan Logam Berat pada Beberapa Jenis Kekekangan dari Perairan Pantai di Kabupaten Flores Timur**, *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, XIII (1): 44-50.
- [13] Arifin, Z., 2008, **Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro Dalam Sistem Biologi Dan Metode Analisisnya**, *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(3).
- [14] Hanafiah., 2009, **Pengaruh Tinggi Genangan Air Dan Konsentrasi Logam Berat Kadmium Terhadap Mikrosimbion Pada Simbiosis *Azolla - Anabaena Azollae* Di Tanah Vertisol**, *Skripsi*, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [15] Ernawan, D., 2010, **Pengaruh Penggenangan dan Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan dan Serapan Pb *Azolla microphylla* Pada Tanah**

Berkarakter Kimia Berbeda, Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- [16] Nurfitriningsih, L. D. K., 2014, **Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Biomassa *Azolla microphylla* Diesterifikasi dengan Asam Sitrat**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [17] Wardani, W. D., 2008, **Isolasi dan karakterisasi natrium alginat dari Rumput laut *sargassum sp* untuk pembuatan bakso ikan tenggiri (*scomberomus commerson*)**, *Skripsi*, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [18] Susanti, T., 2009, **Studi Biosorpsi ion Logam Cr(VI) oleh Biomassa Alga Hijau Yang Diimobilisasi pada Kalsium Alginat**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- [19] Putri, S. A., 2012, **Pengaruh Konsentrasi Eluen Terhadap Pemekatan Larutan Kobal(II) Dengan Ekstraksi Fasa Padat Menggunakan Biomassa *Azolla Microphylla-Silika***, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [20] Susilawati. 2009. **Studi Biosorpsi Ion Logam Cd(II) Oleh Biomassa Alga Hijau Yang Diimobilisasi Pada Silika Gel**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- [21] Komari, N., Ahmad B. J., dan Sri H., 2012, **Adsorption of Lead (II) by Using Bekatul Biomass**, *Sains dan Terapan Kimia*, Vol.6, No. 1, 11-24.
- [22] Ronaldo, Imelda H. S., dan Nelly W., 2013, **Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Biomassa Alga Coklat (*Sargassum Crassifolium*) Yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika**, *JKK*, volume 2 (3), halaman 148-152.
- [23] Indriana, M. D., 2014, **Adsorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa *Azolla microphylla* Diesterifikasi dengan**

Asam Sitrat, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

- [24] Day, R.A., dan Underwood, A.L., 2008, **Analisis Kimia Kuantitatif**, Diterjemahkan oleh Hilariuswibi dan Lameda Simarmata, Erlangga, Jakarta.
- [25] Boybul, dan Iis H., 2009, **Analisis Unsur Pengotor Fe, Cr, dan Ni dalam Larutan Uranil Nirat Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom**, *Seminar Nasional V*, SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- [26] Tangio, J. S., 2012, **Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**, *Laporan Penelitian Dosen Pemula*, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- [27] Emelda, L., Suhardini, M, P., dan Simpardin, B, G., 2013, **Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr^{3+})**, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 9, No. 4, hlm. 166 – 172.
- [28] Laksono, E, W., 2002, **Analisis Daya Adsorpsi Suatu Adsorben**, *makalah PPM*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [29] Mahatmanti, F. W. dan Woro S., 2003, **Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Metil Oranye (MO) Dalam Larutan Air Oleh Adsorben Kitosan**, *JSKA*, Vol.VI, No.2.
- [30] Kusuma, I. D. G. D. P., Ni M. W., dan Gusti L. W., 2014, **Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} oleh Biomassa Rumput Laut *Eucheuma Spinosum***, *e-Journal Kimia Visvitalis*, Volume 2.
- [31] Bird, T., 1985, **Physical Chemistry**, Gramedia, Jakarta
- [32] Handayani, M. dan Eko S., 2009, **Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit**, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, Bandung
- [33] Dada, A. O., Olalekan, A. P., Olatunya, A. M., dan Dada, O., 2012, **Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–**

Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn^{2+} Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk, *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, Volume 3, Issue 1, PP 38-45

- [34] Ghazi, M., Weng, C. N., Rahman, H. A., dan Zakaria, N. A., 2013, **Freundlich Isotherm Equilibrium Equations in Determining Effectiveness a Low Cost Absorbent to Heavy Metal Removal In Wastewater (Leachate) At Teluk Kitang Landfill, Pengkalan Chepa, Kelantan, Malaysia**, *Journal of Geography and Earth Science*, 1(1), pp 01-08
- [35] Sembodo, B. S. T., 2005, **Isoterm Keseimbangan Adsorpsi Timbal Pada Abu Sekam Padi**, *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS*, Volume 4, No 2, hlm 100-105

LAMPIRAN

A. Preparasi larutan

A.1 seng(II) 1000 ppm

$$\begin{aligned}\text{BA Zn} &= 65,37 \text{ g/mol} \\ \text{BM Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} &= 261,44 \text{ g/mol} \\ 1000 \text{ ppm Zn(II)} &= \text{mg/L jika volume 1L} \\ 1000 \text{ ppm Zn(II)} &= \frac{x \text{ mg}}{1\text{L}} \\ x &= 1000 \text{ mg}\end{aligned}$$

Sehingga $\text{Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang adalah:

$$\text{Berat Zn} = \frac{\text{BA Zn}}{\text{BM Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \times \text{berat Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

$$1000 \text{ mg} = \frac{65,37 \text{ g/mol}}{261,44 \text{ g/mol}} \times \text{berat Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Berat Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = \frac{1000}{0,250} \text{ mg}$$

$$\text{Berat Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 4000 \text{ mg} = 4 \text{ g}$$

Jadi $\text{Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang adalah 4 g, dilarutkan dalam gelas kimia 50 mL dan ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat, kemudian dilarutkan hingga volume totalnya 1000 mL dengan akuades.

A.2 Pembuatan Larutan seng(II) 10 mg/L

Larutan seng(II) 1000 mg/L sebelumnya diencerkan menjadi 100 mg/L terlebih dahulu agar rentang pengenceran tidak terlalu jauh.

$$\begin{aligned}C_1 \times V_1 &= C_2 \times V_2 \\ 1000 \text{ mg/L} \times V_1 &= 100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= (100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}) / 1000 \text{ mg/L} \\ V_1 &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi seng(II) 1000 mg/L yang harus dipipet sebanyak 10 mL, kemudian dimasukkan labu ukur 100 mL dan ditambah larutan HCl 10^{-3} M hingga tanda batas.

Larutan seng(II) 10 mg/L dibuat dengan mengencerkan larutan 100mg/L

$$\begin{aligned}
 C_1 \times V_1 &= C_2 \times V_2 \\
 100 \text{ mg/L} \times V_1 &= 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= (10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}) / 100 \text{ mg/L} \\
 V_1 &= 10 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Jadi seng(II) 100 mg/L yang harus dipipet sebanyak 10 mL, kemudian dimasukkan labu ukur 100 mL dan ditambah larutan HCl 0,001 M hingga tanda batas.

A.3 Pembuatan Larutan Baku seng(II) 1; 2,5; 5; dan 10mg/L

Table A.1 Pembuatan larutan baku seng(II) 1; 2; 5; dan 10 mg/L

Larutan Zn(II) Awal		Larutan Zn(II) Akhir	
[Zn(II)] (mg/L)	Volume Zn(II) (mL)	[Zn(II)] (mg/L)	Volume Zn(II) (mL)
10	1	1	10
5	5	2,5	10
10	5	5	10
10	10	10	10

Pembuatan larutan seng(II) 1 mg/L yaitu dipipet 1 mL larutan seng(II) 10 mg/L, dimasukkan labu ukur 10 mL dan diencerkan dengan HCl 0,001 M hingga tanda batas. Untuk pembuatan larutan seng(II) 2,5; 5; dan 10 mg/L dilakukan seperti pembuatan larutan seng(II) 1 mg/L dengan volume seng(II) awal seperti pada Tabel A.1

A.4 Pembuatan Larutan seng(II) 100 mg/L dengan pH 6

Tabel A.2. Pembuatan larutan seng(II) 100 mg/L pH 6

[Zn(II)] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	Diatur pH	[Zn(II)] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)	Keterangan
1000	10	6	100	100	100 mg/L pH 6

Pembuatan larutan seng(II) 100 mg/L pH 6 yaitu di pipet 10 mL larutan seng(II) 1000 mg/L dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Kemudian diatur pH sampai diperoleh pH 6 (pengaturan pH dilakukan dengan menggunakan HCl dan NaOH dengan variasi konsentrasi 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, 150 ppm, dan 175

ppm). Selanjutnya larutan dimasukkan labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas.

A.5 Pembuatan Larutan NaOH 1 M dan 0,1 M

$$\begin{aligned}\text{mol NaOH} &= M \times V \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol} \\ \text{massa NaOH} &= \text{mol} \times M_r \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 4 \text{ g}\end{aligned}$$

Sebanyak 4 gram NaOH dilarutkan dengan akuades dalam gelas beaker 100 mL, kemudian larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan NaOH 0,1 M dibuat dengan mengencerkan larutan NaOH 1 M

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1 \text{ mol/L} \times V_1 &= 0,1 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

Keterangan: M_1 = konsentrasi larutan NaOH awal
 M_2 = konsentrasi larutan NaOH
 V_1 = volume awal larutan NaOH
 V_2 = volume akhir larutan NaOH

A.6 Pembuatan HCl 1 M dari HCl 37%, 0,1 M, 0,01 M dan 0,001 M

$$\begin{aligned}\text{Massa HCl dalam 1000 mL larutan} &= 1,19 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} \\ &= 1190 \text{ g} \\ \text{Massa HCl 37\%} &= \frac{37}{100} \times 1190 \text{ g} \\ &= 440,3 \text{ g} \\ \text{Mol HCl 37\%} &= \frac{440,3 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} \\ &= 12,06 \text{ mol} \\ \text{Konsentrasi HCl 37\%} &= \frac{12,06 \text{ mol}}{1 \text{ L}}\end{aligned}$$

$$= 12,06 \text{ mol/L}$$

Volume HCl 37% yang dibutuhkan untuk membuat larutan HCl 1 M 100 mL, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl} &= \frac{100 \text{ mL} \times 1 \text{ mol/L}}{12,06 \text{ mol/L}} \\ &= 8,3 \text{ mL} \end{aligned}$$

Untuk pembuatan HCl 0,1 M 100 mL, maka dipipet HCl 1 M sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang sudah berisi sedikit akuades. Kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

Untuk pembuatan HCl 0,01 M 100 mL, maka dilakukan pengenceran dari larutan HCl 0,1 M:

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 0,1 \text{ M} \times V_1 &= 0,01 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Sebanyak 10 mL HCl 0,1 M dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

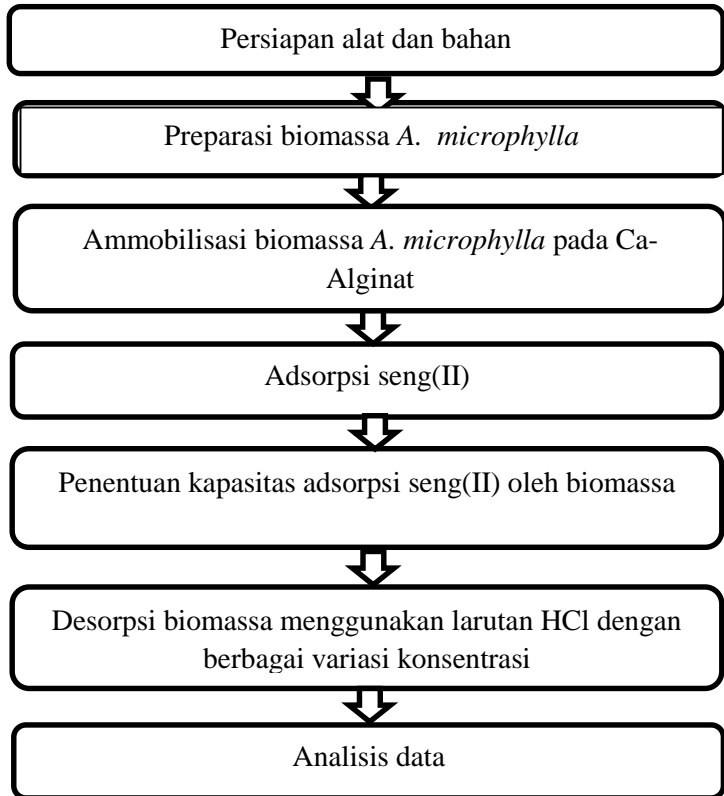
Untuk pembuatan HCl 0,001 M 100 mL, maka dilakukan pengenceran dari larutan HCl 0,01 M:

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 0,01 \text{ M} \times V_1 &= 0,001 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Sebanyak 10 mL HCl 0,01 M dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

Lampiran B.

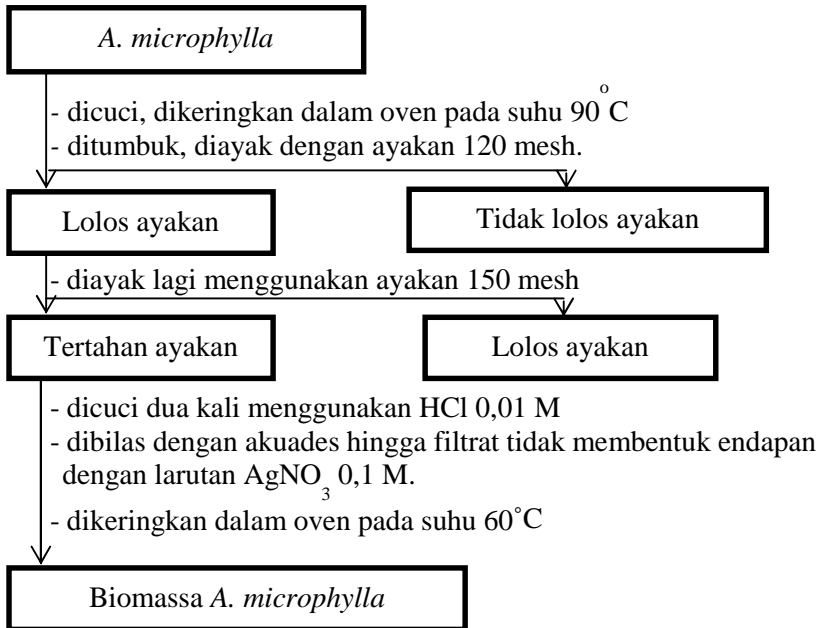
B.1 Diagram Alir Penelitian



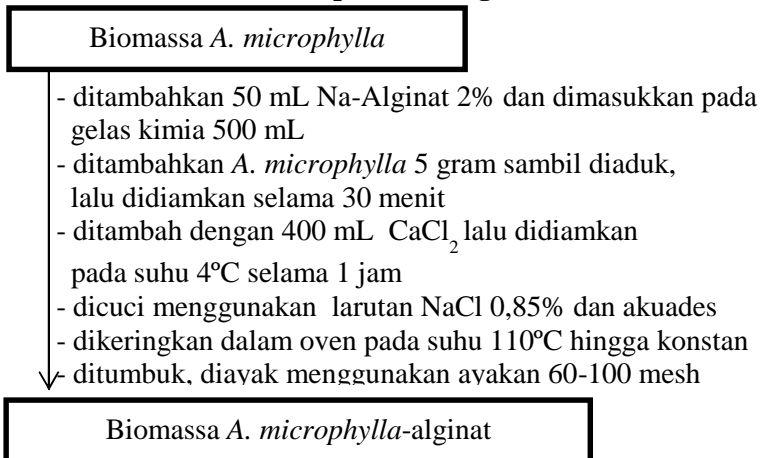
Lampiran C

Skema Kerja

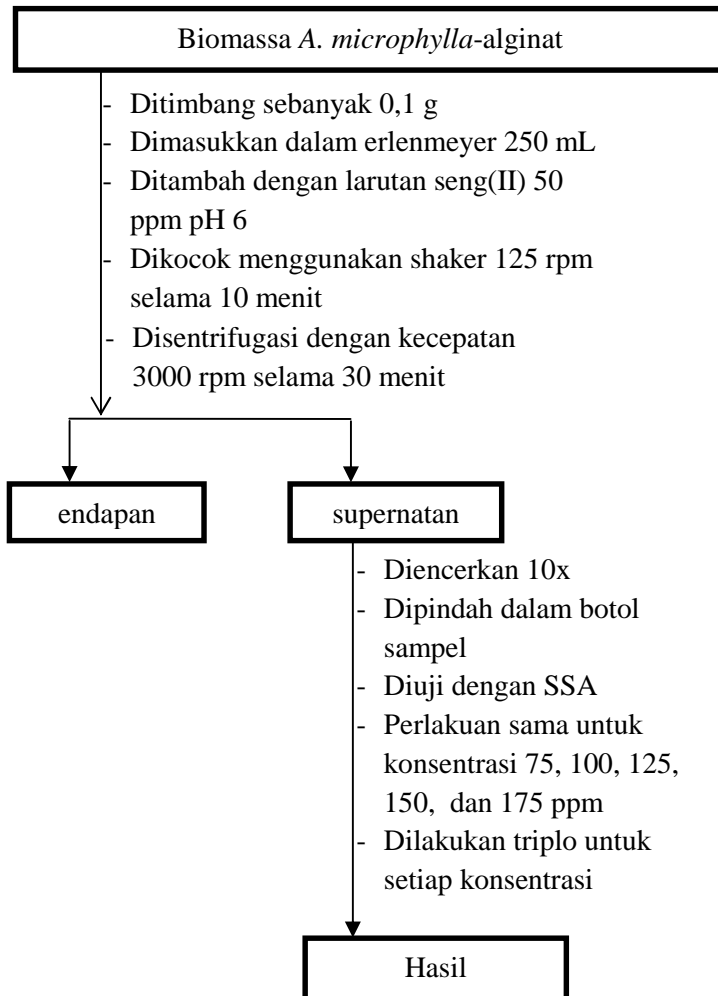
C.1 Preparasi Adsorben Biomassa *A. microphylla*



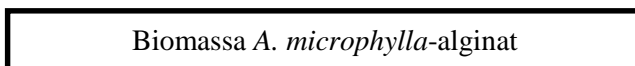
C.2 Amobilisasi Biomassa pada Ca-Alginat



C.3 Penentuan kapasitas adsorpsi seng(II) oleh Biomassa *A. microphylla*-alginat



C.4 Desorpsi seng(II) oleh biomassa *A. microphylla*-alginat



- Ditimbang sebanyak 0,1 g
- Dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL
- Ditambah dengan larutan seng(II) pH 6 100 ppm sebanyak 25 mL
- Dikocok dengan shaker 125 rpm selama 10 menit
- Disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit

Endapan

- Disaring
- Dicuci dengan akuades sebanyak 150 mL
- Dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga massa konstan

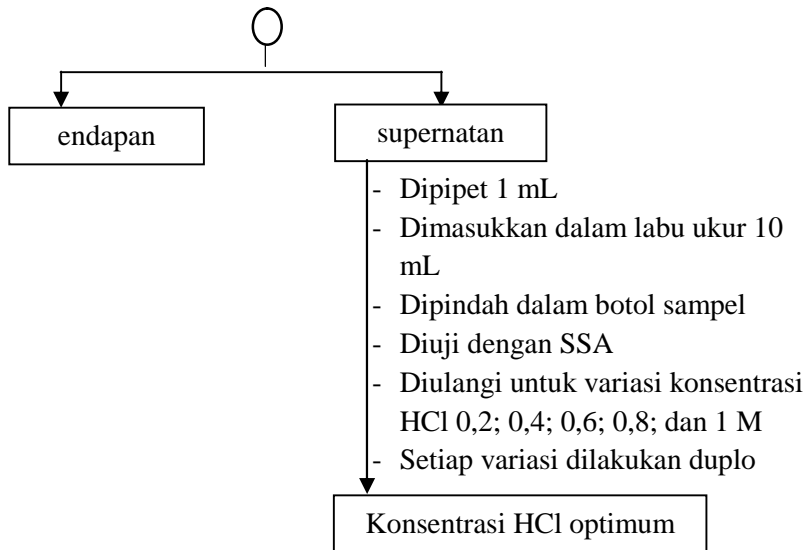
Biomassa yang mengikat Zn

- Ditimbang sebanyak 0,1 g
- Dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL
- Ditambah dengan HCl 0,2 M sebanyak 25 mL
- Dikocok dengan shaker 125 rpm selama 10 menit
- Disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit

supernatan

- Dipipet 1 mL
- Dimasukkan dalam labu ukur 10 mL
- Dipindah dalam botol sampel
- Diuji dengan SSA

%adsorpsi



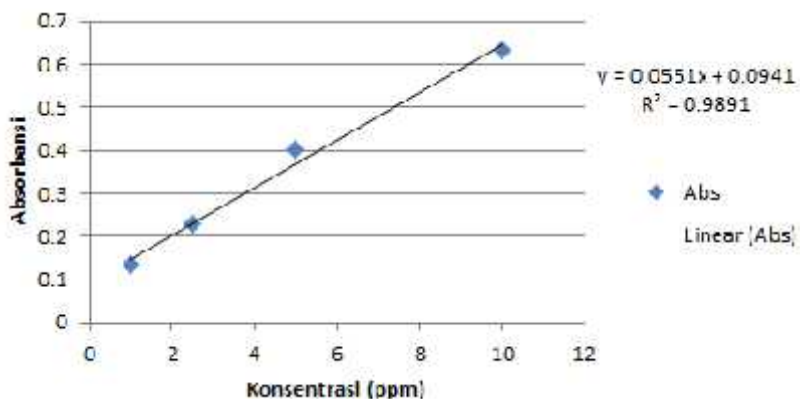
Lampiran D

Kurva Baku seng(II)

Kurva baku standar seng(II) dibuat pada rentang konsentrasi 1; 2,5; 5; dan 10 ppm. Absorbansi yang terukur diplotkan dalam grafik dengan sumbu X sebagai konsentrasi dan sumbu Y sebagai absorbansi. Dari grafik diperoleh persamaan $y=ax$

Tabel D.1 Data konsentrasi dan absorbansi seng(II)

Konsentrasi Zn(II)	Absorbansi
1	0,1338
2,5	0,2281
5	0,4029
10	0,6307



Gambar D.1 Kurva baku larutan standar seng(II)

Lampiran E

Data Pengukuran Kapasitas Adsorpsi seng(II) terhadap Variasi konsentrasi ion seng(II)

Tabel E.1: Data pengukuran pengaruh variasi konsentrasi seng(II)

Kons (mg/L)	C_o (mg/L)	A	C_{terukur} (mg/L)	fp	C_s (mg/L)	Q_c (mg/g)	Q_c rerata (mg/g)
50	100	0,1447	0,92	10	9,22	10,20	
50	100	0,1335	0,72	10	7,18	10,70	10,13
50	100	0,1605	1,21	10	12,09	9,48	
75	100	0,1533	1,08	10	10,78	16,05	
75	100	0,1117	0,32	10	3,22	17,95	17,23
75	100	0,1175	0,43	10	4,27	17,68	
100	100	0,1882	1,71	10	17,13	20,72	
100	100	0,1906	1,76	10	17,56	20,61	19,39
	100	0,2737	3,27	10	32,67	16,83	
125	100	0,2884	3,53	10	35,35	22,41	
125	100	0,2655	3,12	10	31,18	23,45	23,21
	100	0,2589	3,00	10	29,98	23,75	
150	100	0,4275	6,06	10	60,64	22,34	
150	100	0,3918	5,41	10	54,15	23,96	22,77
150	100	0,4348	6,20	10	61,96	22,01	
175	100	0,6075	9,34	10	93,36	20,41	
175	100	0,6035	9,26	10	92,64	20,59	20,77
175	100	0,5878	8,98	10	89,78	21,30	

keterangan : C_o = konsentrasi Zn(II) awal
 A = absorbansi filtrat
 C_{terukur} = konsentrasi Zn(II) filtrat
 C_s = konsentrasi Zn(II) setelah adsorpsi
 Q_c = Jumlah Zn(II) teradsorpsi
 m = massa adsorben
 V = Volume Zn(II) awal

Volume Zn(II) awal = 25 mL = 0,025 L

massa adsorben awal = 0,1 g

Contoh perhitungan:

$$C_{\text{terukur}} = \frac{A}{y} = \frac{(0,1447 - 0,094)}{0,055} = 0,921 \text{ mg/L di mana,}$$

$$C_s = C_{\text{terukur}} \times fp$$

$$C_s = 0,921 \text{ mg/L} \times 10 = 9,218 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Zn(II) teradsorpsi (} Q_c \text{)} &= \frac{(C_o - C_s)}{m} \times V \\
 &= \frac{(50 - 9,218) \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 10,195 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Adsorpsi} &= \frac{C_o - C_s}{C_o} \times 100\% \\
 &= \frac{(50 - 9,49) \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} \times 100\% \\
 &= 81,563 \%
 \end{aligned}$$

Lampiran F

Data Pengukuran Desorpsi seng(II) terhadap Variasi Konsentrasi HCl

Tabel F.1: Data pengukuran pengaruh konsentrasi HCl

HCl (M)	A _{ads}	C ₀ (mg/L)	fp	C _s (mg/L)	Co-Cs (mg/L)	A _{des}	C _R (mg/L)	desorpsi (%)	Rata-rata (%)
0,2	0,32	100	10	33,62	66,38	0,33	40,43	60,91	64,11
	0,33	100	10	34,47	65,53	0,36	44,11	67,31	
0,4	0,31	100	10	33,02	66,98	0,35	43,09	64,33	67,11
	0,26	100	10	27,84	72,16	0,41	50,43	69,89	
0,6	0,27	100	10	28,57	71,43	0,41	50,06	70,08	68,48
	0,32	100	10	33,22	66,78	0,36	44,65	66,87	
0,8	0,30	100	10	34,93	65,07	0,37	33,12	50,90	57,92
	0,41	100	10	47,27	52,73	0,38	34,24	64,94	
1	0,39	100	10	45,12	54,88	0,40	35,88	65,38	60,25
	0,33	100	10	38,01	61,98	0,38	34,17	55,12	

Keterangan : C₀ = konsentrasi Zn(II) awal (mg/L)
C₀-C_s = konsentrasi Zn(II) terikat (mg/L)
C_s = konsentrasi Zn(II) filtrat (mg/L)
C_R = konsentrasi Zn(II) terdesorpsi (mg/L)
A = absorbansi

Contoh perhitungan:

$$C_{\text{terukur}} = \frac{0,32}{0,0949} = 3,36 \text{ mg/L} \quad \text{di mana,}$$

$$C_s = C_{\text{terukur}} \times fp$$

$$C_s = 3,36 \text{ mg/L} \times 10 = 33,62 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{adsorpsi} = \frac{C_0 - C_s}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{100 - 33,62}{100} \times 100\%$$

$$= 66,38 \%$$

$$C_{\text{terukur}} = \frac{0,33}{0,0813} = 4,04 \text{ mg/L}$$

$$C_R = C_{\text{terukur}} \times fp$$

$$C_R = 4,04 \times 10 = 40,43 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{desorpsi} = \frac{C_R}{C_0 - C_s} \times 100\%$$

$$= \frac{40,43}{66,38} \times 100\%$$

$$= 60,91\%$$

Lampiran G

Uji Statistik Pengaruh Variasi Konsentrasi seng(II) pada Kapasitas Adsorpsi

Tabel G.1 Data pengaruh variasi konsentrasi seng(II)

Konsentrasi HCl (mg/L)	Qc (mg/g)			Total	Rerata
50	10.20	10.70	9.48	30,38	10,13
75	16.05	17.95	17.68	51,68	17,23
100	20.72	20.61	16.83	58,16	19,39
125	22.41	23.45	23.75	69,61	23,21
150	22.34	23.96	22.01	68,31	22,77
175	20.41	20.59	21.30	62,30	20,77
Total				62,30	113,5

a. Perhitungan Faktor Koreksi

$$FK = \frac{\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{p \times n} = \frac{(113,5)^2}{18} = 715,68$$

b. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$\begin{aligned} JK \text{ total} &= \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK \\ &= (10,20^2 + 10,70^2 + 9,48^2 + \dots + 21,30^2) - 715,68 \\ &= 6090,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ perlakuan} &= \frac{\sum_{i=1}^p \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - FK \\ &= \frac{30,38^2 + 51,68^2 + \dots + 62,30^2}{3} - 715,68 \\ &= 6074,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 6090,43 - 6074,13 \\
 &= 16,3
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Kuadrat Tengah (KT)

$$\text{KT perlakuan} = \frac{\text{JK perlakuan}}{\text{dB perlakuan}} = \frac{6074,13}{5} = 1214,83$$

$$\text{KT galat} = \frac{\text{JK galat}}{\text{dB galat}} = \frac{16,3}{12} = 1,36$$

d. Perhitungan Nilai F_{hitung} dan F_{tabel}

$$F_{\text{hitung}} = \frac{\text{KT perlakuan}}{\text{KT galat}} = \frac{1214,83}{1,36} = 893,26$$

$$F_{\text{tabel}}(f_1, f_2) = (5, 12) \text{ pada taraf beda nyata} = 5\% = 3,11$$

Tabel G.2 Analisa sidik ragam satu arah (ANOVA) penentuan konsentrasi seng(II)

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	5	6074,13	1214,83		
Galat Percobaan	12	16,3	1,36	893,26	3,11
Total	17	6090,43			

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3 = P_4$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq P_4$$

$F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_1 diterima, yaitu ada perbedaan yang nyata dalam perlakuan konsentrasi larutan pendesorpsi yaitu HCl sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}(0,05) &= t_{\text{tabel}}(0,05/2, \text{dB}_g) \sqrt{\frac{2KT_g}{n}} \\
 &= 2,179 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,36}{3}} \\
 &= 1,20
 \end{aligned}$$

Tabel G.3 Selisih rata-rata antar perlakuan konsentrasi seng(II)

Konsentrasi seng(II) (mg/L)	Rata- rata Qc	Konsentrasi seng(II) (mg/L)					
		50	75	100	125	150	175
		Rata-rata Qc					
		10,13	17,23	19,39	23,21	22,77	20,77
50	10,13	0					
75	17,23	7,1*	0				
100	19,39	9,26*	2,16*	0			
125	23,21	13,08*	5,98*	3,82*	0		
150	22,77	12,64*	5,54*	3,38*	0,44	0	
175	20,77	10,64*	3,54*	1,38*	2,44*	2*	0

Keterangan : (*) = Berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran H

Uji Statistik Pengaruh Konsentrasi HCl pada Desorpsi seng(II)

Tabel H.1 Data pengaruh konsentrasi HCl

Konsentrasi HCl (M)	Ulangan %desorpsi seng(II)		Total	Rerata
	I	II		
0,2	60,91	67,31	128,22	64,11
0,4	64,33	69,89	134,22	67,11
0,6	70,08	66,87	136,95	68,48
0,8	50,90	64,94	115,84	57,92
1	65,38	55,12	120,50	60,25
Total				317,87

e. Perhitungan Faktor Koreksi

$$FK = \frac{\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{pxn} = \frac{(317,89)^2}{10} = 10104,13$$

f. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$\begin{aligned} JK \text{ total} &= \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK \\ &= (60,91^2 + 67,31^2 + \dots + 55,12^2) - 10104,13 \\ &= 30663,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ perlakuan} &= \frac{\sum_{i=1}^p \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - FK \\ &= \frac{128,22^2 + 134,22^2 + \dots + 120,50^2}{2} - 10104,13 \\ &= 30470,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ galat} &= JK \text{ total} - JK \text{ perlakuan} \\ &= 30663,07 - 30470,79 = 192,28 \end{aligned}$$

g. Perhitungan Kuadrat Tengah (KT)

$$KT \text{ perlakuan} = \frac{JK \text{ perlakuan}}{dB \text{ perlakuan}} = \frac{30470,79}{4} = 7617,70$$

$$KT \text{ galat} = \frac{JK \text{ galat}}{dB \text{ galat}} = \frac{192,28}{5} = 38,46$$

h. Perhitungan Nilai F_{hitung} dan F_{tabel}

$$F_{hitung} = \frac{KT \text{ perlakuan}}{KT \text{ galat}} = \frac{7617,70}{38,46} = 198,07$$

$$F_{tabel} (f_1, f_2) = (4, 5) \text{ pada taraf beda nyata} = 5\% = 5,19$$

Tabel H.2 Analisa sidik ragam satu arah (ANOVA) penentuan konsentrasi HCl

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	4	30470,79	7617,70		
Galat Percobaan	5	192,28	38,46	198,07	5,19
Total	9	30663,07			

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3 = P_4$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq P_4$$

$F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_1 diterima, yaitu ada perbedaan yang nyata dalam perlakuan konsentrasi larutan pendesorpsi yaitu HCl sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$\begin{aligned}
 BNT (0,05) &= t_{tabel} (0,05/2, dB_g) \sqrt{\frac{2KTg}{n}} \\
 &= 2,571 \sqrt{\frac{2 \cdot 38,46}{2}} \\
 &= 11,27
 \end{aligned}$$

Tabel H.3 Selisih rata-rata antar perlakuan konsentrasi HCl

Konsentrasi HCl (M)	Rata- rata desorpsi (%)	Konsentrasi HCl (M)				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1
		Rata-rata desorpsi (%)				
		64,11	67,11	68,48	57,92	60,25
0,2	64,11	0				
0,4	67,11	3	0			
0,6	68,48	4,37	1,37	0		
0,8	57,92	6,19	9,19	10,56	0	
1	60,25	3,86	6,86	8,23	2,33	0

Keterangan : (*) = Berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran I

Adsorpsi Isotermis pada Biomassa Amobilisasi

Tabel I.1: Data pengukuran adsorpsi isotermis Langmuir biomassa amobilisasi

Konsentrasi (mg/L)	C _s (mg/L)	C _s rerata (mg/L)	C _s /Q _c (g/L)	C _s /Q _c rerata (g/L)
50	9,218	9,496	0,904	0,950
	7,181		0,670	
	12,090		1,275	
75	10,781	6,090	0,671	0,364
	3,218		0,179	
	4,272		0,241	
100	17,127	22,454	0,826	1,206
	17,563		0,852	
	32,672		1,941	
125	35,345	32,169	1,576	1,389
	31,181		1,329	
	29,981		1,262	
150	60,636	58,915	2,714	2,596
	54,145		2,259	
	61,963		2,815	
175	93,363	91,927	4,574	4,429
	92,636		4,498	
	89,781		4,429	

Persamaan adsorpsi isotermis Langmuir

$$\frac{C_s}{Q_c} = \frac{C_s}{Q_{\max}} + \frac{1}{K_L \times Q_{\max}}$$

Di mana, $y = 0,0441x + 0,1967$ sehingga didapatkan data pada Tabel I.2

Tabel I.2 Data adsorpsi isotermis Langmuir biomassa amobilisasi

Q _{max}	22,675
K _L	0,008
R ²	0,9774

Tabel I.3: Data pengukuran adsorpsi isothermis Freundlich biomassa amobilisasi

Konsentrasi (mg/L)	log C _s (mg/L)	log C _s rerata (mg/L)	log Q _c (mg/g)	log Q _c rerata (mg/g)
50	0,964	0,977	1,008	1,005
	0,856		1,029	
	1,082		0,976	
75	1,032	0,784	1,205	1,236
	0,507		1,253	
	0,630		1,247	
100	1,233	1,351	1,316	1,287
	1,244		1,314	
	1,514		1,226	
125	1,548	1,507	1,350	1,365
	1,493		1,370	
	1,476		1,375	
150	1,782	1,770	1,349	1,357
	1,733		1,379	
	1,792		1,342	
175	1,971	1,963	1,309	1,317
	1,966		1,313	
	1,953		1,328	

Persamaan adsorpsi isothermis Freundlich

$$\log Q_c = \frac{\log C_s}{n} + \log K_F$$

Di mana, $y = 0,1957x + 0,9891$ sehingga didapatkan data pada

Tabel I.4

Tabel I.4 Data adsorpsi isothermis Freundlich biomassa amobilisasi

n	5,11
K _F	9,752
R ²	0,4361